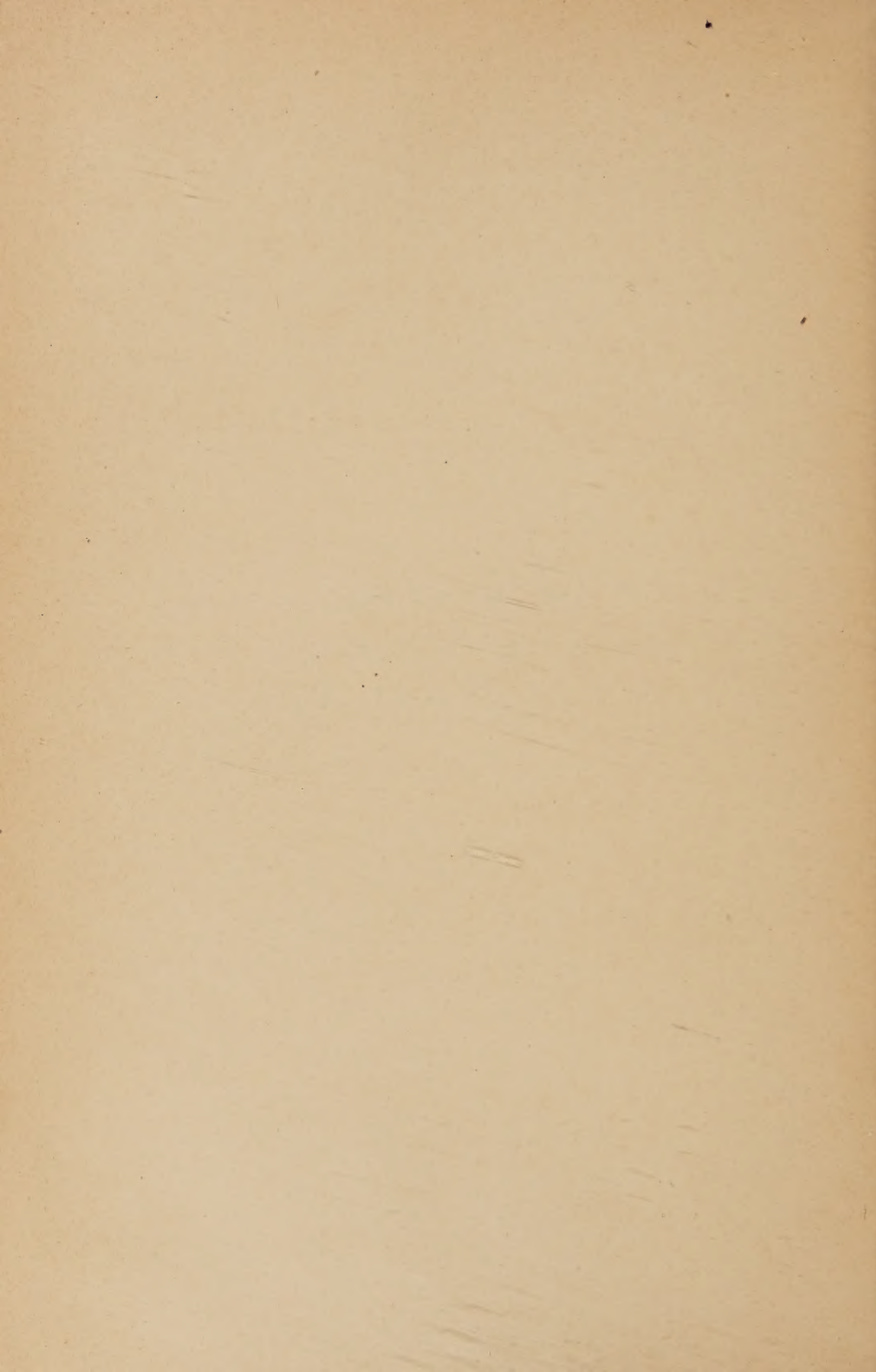
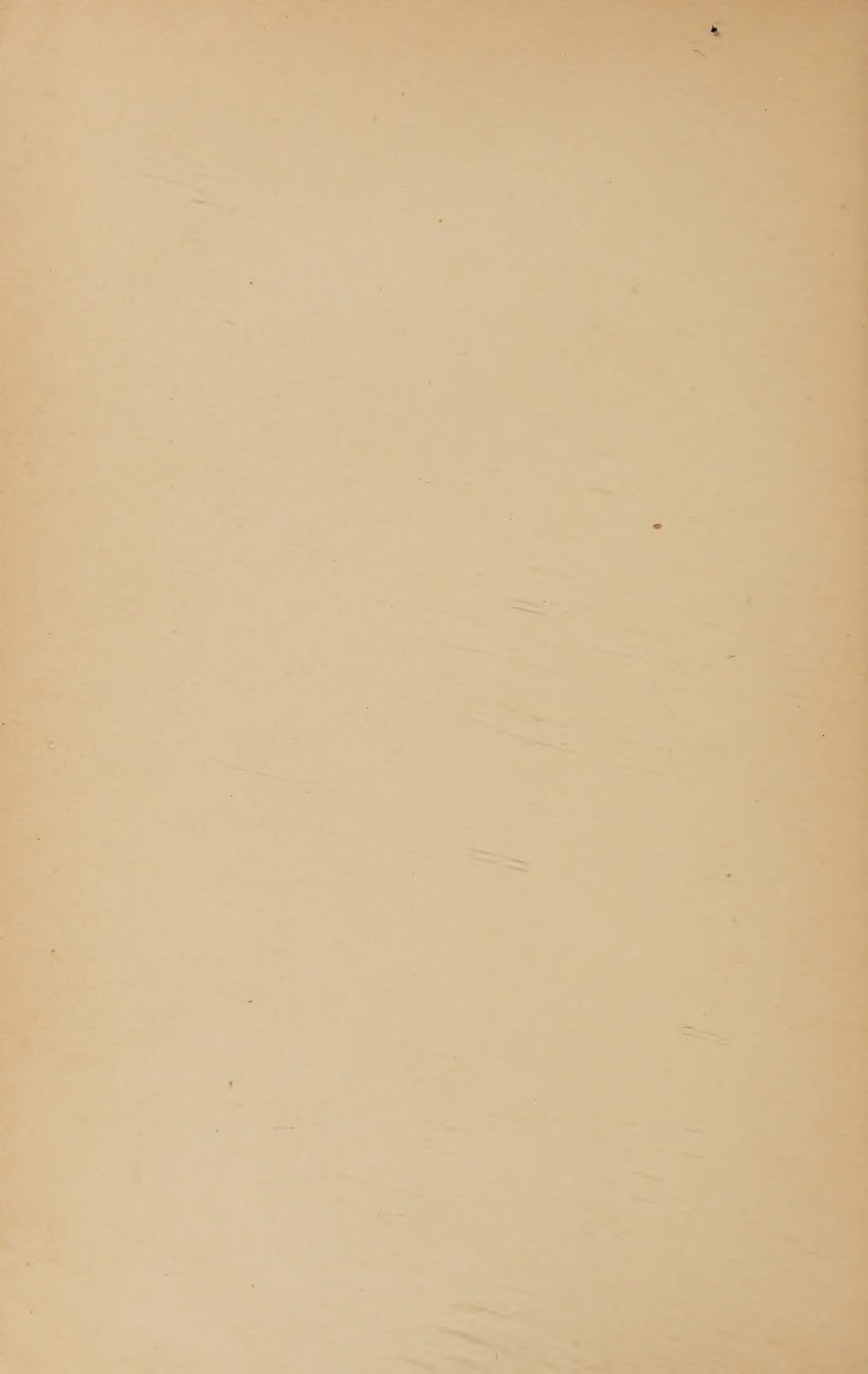


BIJDRAGE TOT DE KENNIS VAN DEN
DUUR DER VOCHTVERVERSCHING IN DE
VOORSTE OOGKAMER BIJ HET KONIJN.



BIJDRAGE TOT DE KENNIS VAN DEN DUUR DER
VOCHTVERVERSCHING IN DE VOORSTE OOGKAMER
BIJ HET KONIJN. ACADEMISCH PROEFSCHRIFT TER
VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN DOCTOR IN
DE GENEESKUNDE, AAN DE UNIVERSITEIT VAN
AMSTERDAM, OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNI-
FICUS I. J. DE BUSSY, HOOGLEERAAR IN DE
FACULTEIT DER GODGELEERDHEID, IN HET OPENBAAR
TE VERDEDIGEN OP VRIJDAG 16 DECEMBER 1904 DES
NAMIDDAGS TEN 3 URE IN DE AULA DER UNIVERSI-
TEIT DOOR CORNELIS FOKKE BOSCH, ARTS, GEBOREN
TE NIEUWER-AMSTEL. -:- -:- -:- -:- -:- -:- -:-



Aan mijn Ouders.

Gekomen aan het eind van mijne Academische loopbaan, voel ik mij gedrongen mijnen dank te betuigen, in de aller-eerste plaats aan U, dierbare Ouders, die door uw opofferende liefde en toewijding mij in staat gesteld hebt mijn doel te bereiken.

Verder aan U allen, die door vriendschap, voorlichting of degelijke leiding een gunstigen invloed op mijn studie hebt uitgeoefend, onder wie Gij, Hooggeleerden, Docenten en Assistenten der Medische en Filosofische faculteiten, Rector en Leeraren van het Amsterdamsch Gymnasium en vroegere Onderwijzers een voorname plaats bekleedt.

In het bijzonder U, Hooggeleerde PLACE, Hooggeachte Promotor, dank ik van harte voor uw groote belangstelling en hartelijke welwillendheid waardoor mij de bewerking dezer dissertatie zoo gemakkelijk gemaakt werd; tevens voor het vele dat ik van u geleerd heb, niet alleen als student, maar ook gedurende den tijd, dat ik het voorrecht had uw assistent te zijn. Deze tijd zal mij steeds in dankbare en aangename herinnering blijven. Het vertrouwen, dat Gij in mij stelt, hoop ik mij steeds waardig te betoonen.

Ook U, Hooggeleerde STRAUB, mijn betuiging van erkentelijkheid voor uw zoo welwillende belangstelling bij de bewerking van dit proefschrift.

Ten slotte U, Zeergeleerde COELINGH, Hooggeachte Leermeester uit mijn gymnasiumtijd, mijn welgemeenden dank voor de bereidwilligheid, waarmede gij de uitkomsten mijner proeven in mathematische formule hebt gebracht.

INLEIDING.

De kennis der snelheid van de vochtbeweging in de voorste oogkamer is een nog zeer onvolledige.

Vele jaren heeft men de uitspraak van LEBER en zijn leerlingen als de ware aangenomen. Zij bepaalden de snelheid der lymphcirculatie, met name die der voorste oogkamer, door middel van de later te beschrijven manometrische methode, bij het geënucleërde oog. Andere methoden, dan door hen toegepast, om tot hetzelfde doel te geraken, zijn niet gevolgd.

Vooraf in de laatste jaren is er wel veel geschreven over het onderwerp der vochtcirculatie in het oog, maar de snelheid van dezen vochtstroom zelve, blijft nevenzaak; men beijvert zich meer de vraag op te lossen, vanwaar het vocht komt en waar het heengaat. Ter zijde echter, wordt ook de quaestie der snelheid van den vochtstroom betrokken in den strijd gevoerd tusschen voor- en tegenstanders van verschillende theoriën.

Op aanraden van Prof. PLACE zou 't nu mijn doel zijn, bij de bewerking dezer dissertatie een methode te vinden en te beschrijven, waardoor meer en waarschijnlijk betere resultaten dan tot nu toe bekend, zullen kunnen bereikt worden, vooral ten opzichte van een beter inzicht in de snelheid van den vochtstroom in het levende, normale oog.

Practisch is de kennis der snelheid van dezen vochtstroom ook van veel belang, wijl men juist daardoor eenig inzicht zal kunnen krijgen, omtrent de snelheid van resorptie van exsudaten, bloeditstoringen etc. in het zieke oog.

Voor ik kom tot de eigenlijke behandeling van mijn onderwerp, wil ik eerst tot beter begrip, een korte beschrijving geven van de anatomie en de physiologie der drie groote vochtruimten van het oog.

HOOFDSTUK I.

Anatomisch en physiologisch overzicht.

Anatomie. De drie groote vochtruimten in het oog zijn:

- 1^o. de voorste oogkamer;
- 2^o. de achterste oogkamer;
- 3^o. het corpus vitreum.

Voorste oogkamer. De voorste oogkamer wordt begrensd: van voren door het endotheel, dat de membrana Descemetii bekleedt; van achteren door het iris-endotheel en de lensvoorzijde. Op de plaats waar cornea, sclera, iris en corpus ciliare samenkomen, gaan bindweefselstrengen van uit het iris-weefsel naar de lamina elastica posterior van de cornea (membr. Descemetii), die zich ook in bindweefselstrengen oplost, die met eerstgenoemde versmelten. In dezen hoek vindt men dus een net van bindweefselbalken, welke bekleed zijn met endotheel. De ruimte tusschen dit balksysteem heeft den naam gekregen van Fontanasche ruimte; deze is weinig ontwikkeld bij den mensch, des te meer bij sommige dieren, als paard, rund e. a., waar de flink ontwikkelde bindweefselbalken naar hun vorm, daar zij als de tanden van een kam tusschen de voorzijde der iris en de achterzijde der cornea liggen, den naam gekregen hebben van het ligamentum pectinatum iridis. ¹⁾

Achterste oogkamer. De achterste oogkamer, een ringvormige ruimte, wordt aan de voorzijde begrensd door het irisgordijn,

1) A. KOELLIKER's Handbuch der Gewebelehre des Menschen III 2 1902, blz. 778, en STÖHR: Lehrbuch der Histologie 1898, blz. 318.

aan de achterzijde door de lensvoorvlakte en de Zonula Zinnii, een ringvormig complex van fijne, meridionaal gerichte vezels. Zij ontspringen in de buurt der ora serrata uit de membrana limitans interna retinae, uit de cylindervormige cellen der pars-ciliaris retinae en van uit de buitenste grenslaag van het corpus vitreum; deze vezelen zetten zich voort langs de processus ciliares, vooral door de dalen tusschen deze processus in, naar den lensaequator ¹⁾. Deze Zonula Zinnii is dus *geen* gesloten membraan, zooals men vroeger meende; en de Canalis Petiti, dien men vroeger als een afzonderlijke vochtruimte, tusschen de bladen der Zonula Zinnii gelegen, beschouwde, is dan ook geen *kanaal*, maar communiceert, tusschen de Zonula-vezelen door, met de achterste oogkamer ²⁾.

Corpus vitreum. Het corpus vitreum, dat de geheele ruimte tusschen lens en retina inneemt, is de derde groote vochtruimte. Zij wordt bekleed door de membrana hyaloidea, (KOELLIKER) een laagje dicht ineengeweven vezelen, die naar binnen toe zonder scherpe grens in het netwerk van glasvochtvezelen overgaan. In de as van het corpus vitreum bevindt zich een nauw lymphkanaal, de canalis hyaloideus (Canalis Cloquet) waarin gedurende het embryonale leven de arteria hyaloidea verliep; het loopt van de papilla nervi optici tot aan de achtervlakte van de lens.

Oogvochten. Het vocht, dat de beide oogkamers vult en evenzoo het vocht, opgesloten in de mazen van het corpus vitreum, is een volkomen doorzichtige, reuklooze, waterachtige vloeistof, alcalisch reageerend met specifiek gewicht van 1,007—1,009. Het bevat $\pm 1\%$ vaste stoffen. Aan organische stoffen zijn er in aanwezig: serumglobuline, -albumine, geen fibrinogeen (het vocht stolt niet spontaan) verder zeer geringe hoeveelheden suiker, ureum, paramelkzuur en een saccharificerend ferment. Onder de anorganische zouten vindt men

1) KOELLIKER III,2 1902, blz. 872.

2) SCHWALBE in zijn Anatomie der Sinnesorgane, blz. 144, zegt: *Hinter der Zonula liegt der Canalis Petiti nach hinten durch die Glaskörper Gallerte medianwärts durch den Linsenrand begrenzt.*"

in de eerste plaats chloornatrium (0,69--0,78 %), verder sporen carbonas naticus, kalium chloride en sulfaten en phosphaten der alcaliën en alcalische aarden ¹⁾.

Physiologie. Als bron van het oogvocht worden bijna algemeen beschouwd de processus ciliares. Volgens TH. LEBER, den Heidelbergschen ophthalmoloog, is er geen andere plaats van afscheiding. Hij tracht dit door redeneering, zoowel als door experimenten, te bewijzen, zonder nochtans afdoende de argumenten zijner tegenstanders te ontzenuwen.

Deze bestrijders zijner meening, onder wie in den laatsten tijd vooral Dr. C. HAMBURGER te Berlijn de voornaamste plaats inneemt, willen ook een belangrijk aandeel in de vochtverversching toeschrijven aan de iris-voorvlakte.

Mijns inziens is dan ook nog niet streng bewezen, dat de iris-voorvlakte geen deel neemt aan de vochtafscheiding, hoewel LEBER'S opvatting wel de waarschijnlijkste is. Zeker geconstateerd is het feit, dat in enkele abnormale omstandigheden, b.v. na parakentesis der cornea, het nieuwe vocht, dat de voorste oogkamer vult, afkomstig is uit de processus ciliares.

Processus ciliares. De bouw dezer processus doet dan ook wel vermoeden, dat zij iets met de vochtafscheiding uitstaande hebben: zij bestaan bijna geheel uit bloedvaatnetten met zeer weinig los bindweefsel er tusschen. De vaatnetten worden gevoed uit den circulus iridis major, die voor iederen processus een takje afgeeft. Het veneuze bloed vloeit af langs wortels der venae vorticosae. Aan de oppervlakte zijn de processus ciliares slechts overtrokken door een dun vliesje, bestaande uit zich kruisende vezelen, een voortzetting der lamina basalis chorioideae, en daarop de pars ciliaris retinae, bestaande uit een uitwendige laag pigmentcellen, voortzetting van het retina pigment en een inwendige laag pigmentvrije cylindercellen, bestaande uit de ongedifferentieerde cellen van het binnenste

1) V. GRAEFE-SAEMISCH, Handbuch der gesammten Augenheilkunde 1903 II2:

TH. LEBER, die Circulations und Ernährungs verhältnisse des Auges, blz. 207 e.v.

blad van den embryonalen oogbeker¹⁾. De vaatrijkdom, de vergrooting van oppervlak en de bekleeding met cylinder-epitheel geven den processus ciliares het karakter van een orgaan met bepaalde functie. MERY²⁾ beschreef reeds in 1707 de processus ciliares als *klieren*, die de lymphe zouden afscheiden; en ook in de laatste jaren gaan sommige schrijvers zoo ver, dat zij van dit orgaan als een klierlichaam spreken³⁾.

Volgens LEBER⁴⁾ is de afscheiding van het oogvocht uit de vaten een transsudatie proces, daar uit zijn later te beschrijven proeven blijkt, dat de afscheiding evenredig is aan het drukverschil tusschen inhoud en omgeving der vaten, terwijl de kwaliteit van het vocht ook afhangt van den druk der omgeving op de vaten. Dit laatste blijkt bij parakentesis der cornea, waarbij het nieuwe vocht, dat weldra de voorste oogkamer vult, veel meer in samenstelling met het bloedplasma overeenkomt en ook spontaan stolt. LEBER noemt dan ook de afscheiding een „filtratieproces” door de intracellulaire spleten van het vaat-endotheel.

De zoeven geciteerde auteurs NICATI en TREACHER-COLLINS, willen natuurlijk van een echt secretieproces spreken, steunende op den bouw der processus ciliares.

De waarheid zal hier waarschijnlijk, zooals meestal, wel in 't midden liggen, daar men moeilijk, alleen wegens hun geringe gelijkenis, de processus ciliares klieren kan noemen, terwijl men toch geneigd is het typisch gebouwde cylinder-epitheel eenigen invloed op de samenstelling van het vocht toe te schrijven⁵⁾.

1) KOELLIKER III2 1902, blz. 798, 853.

2) MERY: Sçavoir si le glaucome et la cataracte sont deux différentes ou une seule et même maladie. Mém. de l'Acad. des Sc. 1707 (citaat uit v. GRAEFE-SAEMISCH II2, blz 251).

3) NICATI: La glande de l'humeur aqueuse etc. Arch. d'Ophth. X, blz. 481, XI, blz. 152.

COLLINS-TREACHER: The glands of the ciliary body in the human eye. Ophth. Transact. XI, blz. 55.

4) v. GRAEFE-SAEMISCH: Handbuch der ges. Augenheilk. 1903, II2. TH. LEBER: Circulations und Ernährungsverhältnisse des Auges, blz. 251 e.v.

5) Men leest in KOELLIKER's Handbuch der Gewebelehre III2, blz. 798:

Ik zal dan ook, daar deze zaak niet uitgemaakt is, geen partij kiezen, en in 't vervolg, wanneer ik 't afscheidingsproces bedoel, promiscue spreken van secretie of afscheiding.

't Oogvocht zal ik om dezelfde reden, zonder iets te willen praesjudicieeren, dikwijls „lymphe” noemen.

Lymphe-afvoer. Als voornaamste plaats van den lymphe-afvoer vindt men opgegeven den in de anatomische beschrijving reeds genoemden hoek der voorste oogkamer, waar iris, corpus ciliare, sclera en cornea bijeen komen.

In het spleetsysteem der Fontanasche ruimte wordt het vocht als in een spons opgenomen, om van daar te filtreeren in den sinus venosus sclerae (canalis Schlemmii), welks binnenwand gevormd wordt door het balksysteem van het ligamentum pectinatum. SCHWALBE ¹⁾ bewees dezen overgang 't eerst, in 1869, door de gemakkelijke injectie der venae ciliares anteriores van uit de camera anterior. Later, bij de beschrijving der methoden van onderzoek, kom ik nog op de verklaring van dit verschijnsel terug. Thans wil ik alleen nog meedeelen, dat het waarschijnlijk is, dat een gedeelte van de lymphe, opgenomen in de Fontanasche ruimte, de lymphspleten van het corpus ciliare zal volgen en aldus komen in de perichorioidale ruimte, ²⁾ vanwaar zij langs de vaatscheden der venae vorticosae 't oog kan verlaten.

In de latere jaren, vooral door experimenten van fransche ³⁾

„Bisweilen, doch bei Weitem nicht an allen Augen, bemerkt man an den die höchsten Vorsprünge der Processus ciliares bedeckenden, farblosen Epithelzellen insoferne Verschiedenheiten als die einen wie vakuolisirt an Becherzellen erinnern, die anderen mehr dunkel und feinkörnig erscheinen; Verschiedenheiten, welche auf secretorische Vorgänge hindeuten.”

1) SCHWALBE. Anatomie der Sinnesorgane 1887, blz. 178.

2) Handel. 1e Ned. Natuur- en Geneesk. Congres. Amsterdam 1887. M. STRAUB, Evenwicht der weefselspanningen in het oog, blz. 160 en

H. M. C. KESSLER: Dissertatie 1891: De perichorioidale ruimte in betrekking tot de lymphbeweging in het oog, blz. 22.

3) NUEL et BENOIT: Des Voies d'élimination des liquides intra-oculaires hors de la chambre antérieure et au fond de l'oeil. (Extr. des Arch. d'Ophth. 1900 Avril).

onderzoekers, bevestigd door anderen, ¹⁾ heeft men ook de voorvlakte van de iris als plaats van resorptie der lymphe leeren kennen. In de iris eenmaal opgenomen, gaat het vocht naar de talrijke bloedvaten; een gedeelte echter zal wel, de lymphspleten volgende, naar de perichorioidaalruimte zijn weg kunnen vinden ²⁾).

Ten slotte leerden ons de Franschen experimenteel een anderen afvoerweg kennen, welks bestaan reeds lang vermoed was, n.l. aan de achterste oogpool langs de perivasculaire scheden der vasa centralia retinae. De lymphe-afvoer is aldaar echter zeer gering en bedraagt volgens proeven van PRIESTLEY-SMITH, NIESNAMOFF, LEPLAT e. a. slechts ongeveer $\frac{1}{50}$ van den totalen vochtafvoer. ³⁾

LEBER's *opvatting omtrent de vochtafscheiding in het oog*. Daar de opvatting van LEBER omtrent de lymphe-afscheiding door de processus ciliares de algemeen geldende is, wil ik haar in aansluiting met dit kort-physiologisch overzicht iets meer in extenso bespreken. Ook de bestrijding dezer opvatting door C. HAMBURGER wil ik daarbij behandelen, vooral ook, omdat HAMBURGER in deze quaestie ook de snelheid van den lymph-stroom ter sprake brengt.

LEBER dan beweert, dat al het vocht in het oog uitsluitend en alleen afkomstig is van de processus ciliares. Hij grondt deze stelling op een aantal bewijzen; vooreerst een viertal directe bewijzen:

1) ASAYAMA: Ueber die Resorption des Kammerwassers von der vorderen Fläche der Iris. (v. GRAEFE's Archiv f. Ophth. 1900, LI blz. 98.)

2) H. M. C. KESSLER: Dissertatio 1891: De perichorioidale ruimte in betrekking tot de lymphbeweging in het oog, blz. 22.

3) PRIESTLEY-SMITH: On the escape of fluid from the aqueous and vitreous chambers under different pressures. Ophth. review VII 1888 blz. 204, 208, en

NIESNAMOFF: Ueber die quantitativen Verhältnisse der Filtration und Secretion des Kammerwassers (v. GRAEFE's Arch. f. Ophth. XLII4 blz. 23 —24, en

LEPLAT: Recherches sur la circulation du liquide intra oculaire. Annales d'Oculistique CI, 1889, blz. 136.

1⁰. LEBER legde de iris bloot door verwijdering van de cornea. Hij voerde nu door de pupil een buisje aan welks einde een ringvormig plaatje, zoodat dit plaatje tegen de achter-vlakte van de iris kwam te liggen. Bij krachtige myosis door pilocarpine, trekt zich de sphincter om het buisje samen en kan geen of nauwlijks eenig vocht tusschen pupilrand en buisje te voorschijn komen. LEBER zag nu, dat uit het buisje vocht kwam, wat wees op afscheiding uit de processus ciliares, terwijl de voorvlakte der iris, de eenig mogelijke concurrent voor de vochtafscheiding, droog bleef. ¹⁾

2⁰. Na de operatieve verwijdering der processus ciliares, zag LEBER in zijn proeven met DEUTSCHMANN ²⁾ het oog indrogen.

3⁰. Wanneer men naar voorbeeld van EHRLICH fluoresceïne subcutaan of intraveneus inspuit, ziet men, wanneer spoedig daarna de voorste oogkamer gepuncteerd wordt, terstond het nieuwe oogvocht in groengekleurde wolken van achter den pupilrand te voorschijn komen. ³⁾

4⁰. De waarneming van GREEFF, dat bij snel afvloeien van het kamervocht het epitheel der processus ciliares blaasvormig wordt opgelicht. ⁴⁾

Behalve deze bewijzen geeft LEBER nog eenige indirecte, door redeneering :

1⁰. De theoretische overweging, dat een lichaam, met een bouw als de processus ciliaris (vaatrijksdom, vergrooting van oppervlak) wel een dusdanige functie hebben moet. ⁵⁾

2⁰. Aangeboren irisdefect geeft geen abnormale verhou-

1) V. GRAEFE-SAEMISCH: Handbuch II2 blz. 235— 237, en LEBER: Ueber die Ernährungsverhältnisse des Auges: IXe Congrès périodique Intern. d'Ophth. Utrecht 1899.

2) DEUTSCHMAN; Ueber die Quellen des Humor Aqueus im Auge. V. GRAEFE's Arch. f. Ophth. XXVI (geciteerd uit V. GRAEFE-SAEMISCH).

3) V. GRAEFE-SAEMISCH: Handbuch II2 1903, blz. 240.

4) V. GRAEFE-SAEMISCH: II2 1903, blz. 237.

GREEFF: Befund am Corpus ciliare nach Punction der vorderen Kammer. Arch. f. Augenheilk. XXVIII.

5) V. GRAEFE-SAEMISCH: II2 1903, pag. 233 en 234.

dingen in 't oog, evenmin het traumatisch verlies van de iris. (Zie noot 5 vorige bladzijde.)

3^o. De ringvormige vergroeiing van den pupilrand met de lensvoorvlakte geeft zeer dikwijls glaucoom met ondieper worden, ja verdwijnen van de voorste oogkamer, daar de afvoer belemmerd wordt bij het bestaan blijven van de vochtscheiding. (Zie noot 5 vorige bladzijde.)

4^o. Wijst LEBER op de resorptie langs de irisvoorvlakte, door NUEL en BENOIT in hun proeven bewezen, en vindt hij het onwaarschijnlijk, dat langs dien zelfden weg ook vocht zou afgescheiden worden. ¹⁾ LEBER zag dan ook fijne goudflintertjes of cholestearine kristalletjes in de voorste oogkamer gebracht, langen tijd ($\frac{3}{4}$ uur) rondwarrelen, om ten slotte neer te slaan op de voorvlakte van de iris; wanneer de iris vocht secerneerde, zou dit volgens LEBER onmogelijk zijn.

HAMBURGER's *bestrijding van LEBER*. HAMBURGER ²⁾ wijst in zijn verhandeling: „Zu der Frage woher das Kammerwasser stammt?“ er terecht op, dat door LEBER's argumenten een afscheiding door het corpus ciliare wel waarschijnlijk wordt gemaakt, doch dat de afscheiding door de irisvoorvlakte, waaraan hij een belangrijke plaats wil toekennen, geenszins door LEBER met klemmende argumenten kan ontkend worden. De proef van LEBER met het buisje in de pupil gebracht, waarbij de blootliggende irisvoorvlakte droog blijft, zou alleen bewijzend kunnen zijn voor het niet secerneeren door de iris, doch HAMBURGER meent terecht, dat men moeilijk bij een dusdanig behandeld oog van een normaal oog kan spreken, en wijt dus de uitkomst aan de foutieve methode.

LEBER gaat ook uit van de veronderstelling, dat de pupil ten allen tijde vrij passeerbaar is voor het in de achterste oogkamer afgescheiden vocht. HAMBURGER meent dit te kunnen ontkennen op grond van zijn proeven; en aannemende, dat de

1) LEBER: Ueber die Ernährungsverhältnisse des Auges. IXe Congrès périodique Intern. d'ophth. Utrecht 1899, blz. 24.

2) C. HAMBURGER: Zu der Frage woher das Kammerwasser stammt? Sitzungsber. über die XXX. Vers. der ophth. Gesellsch. Heidelberg 1902.

afvoer van vocht in den hoek der voorste oogkamer blijft bestaan, *moet* dus 't ontbrekende vocht wel aangevuld worden door de irisvoorvlakte.

Hij brengt direct in de achterste oogkamer, door middel van een fijne injectie canule, een geringe hoeveelheid fluoresceïne en ziet deze fluoresceïne in sommige gevallen zelfs nog niet na een half uur overtreden in de voorste oogkamer, terwijl punctie der cornea onmiddellijk den fluoresceïne-stroom te voorschijn roept. ¹⁾

Op den duur, uiterlijk na een half uur, komt echter weer fluoresceïne uit de pupil te voorschijn.

Deze proeven bewijzen dus volgens HAMBURGER een tijdelijk afgesloten zijn der voorste oogkamer van de achterste, door middel van de iris, gedrukt tegen de lensvoorvlakte. Hij noemt dezen toestand een „*physiologischen, ventilartigen Pupillenabschluss*”.

Wanneer men nu, zegt HAMBURGER, met LEBER aanneemt, dat het vocht der voorste oogkamer in $\pm \frac{1}{2}$ uur ververscht wordt, dan kan dat niet anders geschieden dan door afscheiding langs de iris-voorvlakte, daar in sommige zijner proeven toch gedurende een half uur *geen* vocht van uit de achterste oogkamer in de voorste kwam.

Dit argument van HAMBURGER voor zijn theorie is wel het sterkste. En LEBER, die de juistheid van HAMBURGER'S proeven erkent, weet niets anders te antwoorden, dan het volgende: ²⁾ „Indessen haben meine hier angezogenen Versuche (over de verversching in $\pm \frac{1}{2}$ uur) gerade gezeigt wie gering die normale Kammerwasserabsonderung ist, und haben nicht den Anspruch erhoben, eine genaue Messung zu liefern”.

Ik heb deze proeven nagedaan en ook eenige van HAMBURGER'S resultaten verkregen, doch mijns inziens zijn deze experimenten

1) HAMBURGER: Centralblatt für praktisch. Augenheilk., August 1898, blz. 225: Besteht freie Communication zwischen vorderer und hinterer Augenkammer?

2) LEBER: Ueber die Ernährungsverhältnisse des Auges. IXe Congrès intern. d'Ophth. Utrecht 1899. blz. 24.

niet voldoende bewijzend voor het bestaan van den „Physiologischen Pupillenabschluss”.

Door de punctie toch van de achterste oogkamer raakt deze eenig vocht kwijt langs de canule. De druk in de voorste oogkamer blijft normaal; er is daar dus tijdelijk overdruk en de irisrand wordt tegen de voorvlakte van de lens gedrukt, totdat het evenwicht weer hersteld is, waarna ook weer fluoresceïne zal kunnen overtreden. Dit is mijns inziens de verklaring van HAMBURGER's resultaten. Doch ook al ware deze verklaring *niet* de juiste, dan zou dit experiment van HAMBURGER toch zijn beteekenis verliezen, als de vochtversching maar langzaam genoeg plaats vindt. Zooals 't vervolg zal leeren, bevestigen mijne proefnemingen deze veronderstelling.

HOOFDSTUK II.

Overzicht der methoden van onderzoek.

Zooals ik in de inleiding reeds opmerkte, hebben zeer veel onderzoekers over de vloeistofwisseling in 't oog geëxperimenteerd. 't Is dan ook niet niet wel mogelijk allen te memoreeren, wat echter ook niet noodig is, daar de methoden van onderzoek slechts tot een gering aantal beperkt blijven.

Naar het beoogde doel zou men de experimenten in twee groepen kunnen splitsen:

1^o. Onderzoekingen die ten doel hadden de plaats te ontdekken, waar het oogvocht wordt afgescheiden.

2^o. Onderzoekingen die ten doel hadden den weg te vinden, waarlangs de lymphe het oog verlaat.

Methoden van onderzoek. Naar de methoden van onderzoek, en dat interesseert ons thans meer, kan men onderscheiden:

1^o. Experimenten waarbij stoffen, die gemakkelijk door chemische reactie, door kleur of door het microscopisch onderzoek, te herkennen zijn, in 't lichaam, of direct in 't oogvocht gebracht worden.

2^o. Experimenten, waarbij men in 't doode of levende oog, vloeistof injecteert onder bepaalde drukverhoudingen.

Eerste groep van experimenten. MITROPHAN MIMOCKY was de eerste, die gebruik maakte van ferrocyanaalkalium voor zijn onderzoek. Hij injecteerde soluties van dit zout in venen van dieren en ging dan door de reactie met ijzerchloride na „in

welcher Reihenfolge es (ferrocyaankalium) die Augenmembranen durchdrang" ¹⁾).

ULRICH was de eerste, die, evenals MIMOCKY ferrocyaaankalium gebruikend, uit de verbreiding van het Berlijnsch blauw in 't oog, conclusies afleidde, omtrent den weg van den lymphstroom, in 't oog ²⁾).

Na ULRICH hebben ook andere onderzoekers het ferrocyaaankalium gebruikt, om inzicht te verkrijgen in de wijze der vochtbeweging, onder wie wel SCHICK ³⁾ een der voornaamste is. Deze injecteerde subcutaan een 10 % ferrocyaaankalium-oplossing nevens een 2 % oplossing van het thans te bespreken fluoresceïne.

De vader der fluoresceïne-methode is EHRLICH ⁴⁾. Hij injecteerde subcutaan 2—8 c.M³. van een 20 % oplossing van fluoresceïnas kalicus of ammonicus (uranine) bij het konijn (of $\frac{1}{3}$ —1 c.M³. van een 5 % oplossing in een oorvene). EHRLICH neemt aan, dat de wijze van verbreiding van fluoresceïne als 't ware den weg der vloeistofstroom in 't oog zou markeeren. Fluoresceïne oplossingen hebben 't voordeel, dat zij in uiterst geringe concentraties in oplossingen van $\frac{1}{1000000}$ tot $\frac{1}{2000000}$ nog groenachtig fluoresceeren en tegen een donkeren achtergrond zichtbaar zijn. Na een injectie van 1 c.M³. van een 5 % oplossing in een oorvene ziet men reeds na eenige minuten de groene fluorescentie in 't kamerwater optreden in den vorm van een groene streep, die in de richting der zwaartekracht verloopt, van den boven- naar den benedenrand van de iris, meestentijds over de pupil heen; en die nu eens dicht bij de cornea, dan weer dicht bij de iris schijnt te liggen. Een juiste verklaring dezer „Ehrlichsche Linie” is nog niet gegeven. EHRLICH zelf

1) MITROPHAN MIMOCKY: Experimentelle Beiträge zur Diffusion im Auge. v. GRAEFE'S Archiv. für Ophth. XI2 1865, blz. 113.

2) ULRICH: Über die Ernährung des Auges. v. GRAEFE'S Archiv für Ophth. XXVI3.

3) SCHICK: Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Flüssigkeitswechsel im Auge. v. GRAEFE'S Archiv für Ophth. 1885, XXXI2, blz. 35.

4) EHRLICH: Über provozierte Fluorescenzerscheinungen am Auge. Deutsche med. Wochenschr. 1882, No. 2 e.v.

meende, dat de lympe op een bepaalde plaats van de voorvlakte der iris werd afgescheiden, terwijl hij het loodrecht blijven van de streep, bij anderen stand van den kop van het dier, toeschreef aan een compensatoire rolbeweging van het oog.

Deze meening kan zeker, de juiste niet zijn, daar de compensatoire rolbeweging niet in alle mogelijke standen van den kop een volkomene zijn kan.

ULRICH spreekt ¹⁾ van een zinkenden druppel fluoresceïne, terwijl LEBER zegt ²⁾: „Dieser Uebertritt erfolgt aber einfach auf dem Wege der Diffusion aus den Gefäßen der Iris”. Hoe dit ook zij, of de fluoresceïne met den vochtstroom, of slechts door diffusie in 't kamervocht verschijnt, met deze methode kan men op zeer schoone wijze (en dan spreek ik uit eigen ondervinding) demonstreeren, dat na punctie althans, het nieuwe vocht afkomstig is uit de achterste oogkamer, want men ziet dan aan alle zijden groene vochtwolken van achter de iris te voorschijn komen. In korten tijd is de voorste oogkamer gevuld met een ondoorschijnende geelgroene vochtmassa, die in den aanvang als een geelgroen hypopyon daarin ligt.

Na EHRlich is deze fluoresceïne methode door vele andere onderzoekers gebruikt, ook om den invloed van de zenuwen na te gaan op den lymphstroom, o. a. door SCHÖLER en UHTHOFF. ³⁾

Behalve met ferrocyanaalkalium en met fluoresceïne is er nog geëxperimenteerd met joodkalium, dat door zijn uiterst gevoelige reacties ook nog in zeer geringe concentraties herkenbaar is. LEPLAT spoot subcutaan JK. in en ging na, waar hij in 't kamervocht en in 't glasvocht het JK. terugvond. ⁴⁾

1) ULRICH: Untersuchungen über den Flüssigkeitswechsel im Auge. Archiv für Augenheilkunde XII, 1882, blz. 160.

2) LEBER: Ueber die Ernährungsverhältnisse des Auges. IXe Congrès périodique international d'ophth. Utrecht 1899, blz. 23.

3) SCHÖLER und UHTHOFF: Über den Einfluss der Nerven auf die Absonderung des Kammerwassers. Jahresber. über die Wirksamkeit d. Augenklinik für 1881, blz. 80 (geciteerd uit v. GRAEFE-SAEMISCH II 2 1903).

4) LEPLAT: Études sur la nutrition du corps vitré. Ann. d'Ocul. XCIII, 1887, blz. 89.

NUEL en BENOIT ¹⁾ en later ASAYAMA injecteerden Oostindische inkt direct in het levende oog.

De eersten injecteerden een druppel Oostindische inkt in het corpus vitreum, vlak achter de lens (in twee gevallen bij normale menschelijke oogen, die wegens een tumor van de orbita moesten geëxstirpeerd worden).

ASAYAMA ²⁾ injecteerde in de voorste oogkamer, zorg dragende, dat geen vocht afvloeide, waardoor fibrinestolsels in 't voorste oogkamervocht optreden kunnen.

Zij gingen nu microscopisch den weg na, die de inktkorreltjes namen, en zagen, dat deze korreltjes, behalve in de Fontanasche ruimte, in het weefsel van het corpus ciliare en de iris gedrongen waren, en zich voornamelijk om de bloedvaten bevonden, wat wijst op filtratie door den vaatwand. NUEL en BENOIT bewijzen ook door deze methode het bestaan van den geringen vloeistofstroom naar de achterste oogpool en verder langs de vaatscheden van de vasa centralia retinae. Vooral bij het konijn konden zij het bestaan van dezen afvoerweg constateeren ³⁾.

Tweede groep experimenten. SCHWALBE ⁴⁾ deelt in zijn be-roemde onderzoekingen over de lymphbanen van het oog de resultaten mee, die hij verkreeg bij injectie van een solutie van Berlijnsch blauw in de voorste oogkamer. Bij deze injectie toch zag hij het Berlijnsch blauw overgaan in de venae ciliares anteriores. Op grond dezer proeven neemt hij een open ver-binding aan tusschen voorste kamer en de ven. cil. ant. De canalis Schlemmii speelt daarbij een grooten rol en SCHWALBE

1) NUEL et BENOIT: Des voies d'élimination des liquides intraoculaires hors de la chambre antérieure et au fond de l'oeil. (Extr. des Arch. d'ophth. 1900, Avril.

2) ASAYAMA: Über die Resorption des Kammerwassers von der vorderen Fläche der Iris. v. GRAEFE'S Archiv für Ophth. LI 1900, blz. 98.

3) SCHWALBE vulde den canalis hyaloideae door injectie onder de pias-chede van den nervus opticus. SCHWALBE, Sinnesorgane 1887, blz. 218.

4) SCHWALBE Untersuchungen über die Lymphbanen des Auges und ihre Begrenzungen: Archiv für Mikroskopische Anatomie von MAX SCHULTZE, XVI 1870, blz. 261.

stelt zich dit kanaal voor als een bij normale circulatie niet met bloed gevulden divertikel van het veneuze systeem¹⁾.

LEBER heeft mijns inziens afdoende bewezen, dat hier van een open verbinding geen sprake zijn kan. Wanneer deze toch bestond, zou bij drukverlaging in de voorste oogkamer deze terstond met bloed moeten volstromen, wat men *nimmer* waarneemt, terwijl bij drukverhooging een plotselinge afvloed plaats zou moeten vinden, wat ook *nimmer* geschiedt. Dat het proces een filtratieproces is, bewees hij door in de vloeistof korreltjes te suspendeeren. De filtratie houdt dan op ten bewijze, dat de poriën verstopt worden. Hierdoor laten zich ook de negatieve resultaten verklaren, soms bij injectie van Berlijnsch blauw verkregen²⁾. Het Berlijnsch blauw toch wordt door de zouten van het kamervocht gepraecipiteerd en de partikeltjes beletten een verdere filtratie.

Zooals ik reeds schreef, herhaalde LEBER³⁾ bij zijn critiek op de onderzoekingen van SCHWALBE deze injectieproeven. In 't zelfde stuk⁴⁾ beschrijft hij, hoe bij kunstmatige verhooging van den oogdruk bij het levende dier, deze spoedig weer tot de normale hoogte terug gaat, waaruit hij afleidt⁵⁾, dat ook bij normalen oogdruk waarschijnlijk een filtratie plaats vindt.

Als ander bewijs voor het bestaan dezer filtratie (resorptie in den hoek van de voorste oogkamer) haalt LEBER de waarneming aan, dat in het versche, doode oog ingespoten vloeistof steeds naar buiten wegfiltert. Hij zegt dan ook⁶⁾: „Da die Menge der in der Zeiteinheit secernierten Flüssigkeit der gleichzeitig durch Filtration verloren gehenden gleich sein muss und man annehmen kan, dass die Filtration gleich nach dem

1) SCHWALBE Sinnesorgane 1887, blz. 178.

2) GRAEFE-SAEMISCH: Handbuch der gesammten Augenheilkunde II2. LEBER: die Circulations und Ernährungsverhältnisse des Auges, blz. 278.

3) TH. LEBER: Studien über den Flüssigkeitswechsel im Auge.

V. GRAEFE'S Archiv f. Ophthalm. XIX2, 1873—91.

4) *ibid.* blz. 111.

5) *ibid.* blz. 120.

6) GRAEFE-SAEMISCH: Handbuch 1903 II2, blz. 225 en 226.

Tode von der im Leben nicht merklich verschieden sein werde, so giebt die Messung der Filtration ein Mittel an die Hand um die während des Lebens stattfindende Secretion zu messen".

LEBER en zijn leerlingen gebruiken voor hun proeven den daartoe door LEBER geconstrueerden Filtrationsmanometer.

Deze Filtrationsmanometer ¹⁾ bestaat uit een complex van twee manometers, beiden met eenzelfde kwikreservoir verbonden, zoodat men 't kwik onder willekeurigen druk in den manometer kan brengen, door het door middel van een zuiger met schroef in de manometers te persen. De eene manometer, met zeer nauw lumen, dient voor de drukk bepaling in het oog; hoe nauwer toch het lumen, des te minder vocht zal uit het oog afvloeien, wanneer de manometer met het oog verbonden wordt. De andere, de eigenlijke „filtratimanometer" heeft een zeer wijd lumen en dient voor het toevloeien der filtratievloei stof in het oog onder bepaalden constanten druk, dien men regelt door meer of minder kwik uit het reservoir in den manometer te persen. Het wijde lumen heeft het voordeel, dat betrekkelijk veel in het oog kan toevloeien zonder merkbare niveau-verandering van het kwik en daarmee gepaard gaande druk-verandering. De hoeveelheid vocht, die in het oog stroomt, wordt, naar de wijze 't eerst door PRIESTLEY SMITH ²⁾ aangegeven, gemeten door de verschuiving van een luchtbelletje in een horizontale nauwe buis, met een dusdanig lumen, dat de verschuiving der luchtbel over 1 m.M. de toevloeiing van 1 m.M³. vocht beteekent.

Voordat het apparaat in verbinding wordt gebracht met het oog, wordt het geheel met physiologische zoutsolutie gevuld. Door behoorlijke regeling der kranen kan men òf den druk- òf den filtratiemanometer in verbinding brengen met de canule, die in het oog steekt.

1) NIESNAMOFF: Über die quantitativen Verhältnisse der Filtration und Secretion des Kammerwassers. V. GRAEFE'S Archiv. f. Ophth. XLII 4 1896, blz. 9.

2) PRIESTLEY SMITH: On the escape of fluid from the aqueous and vitreous chambers under different pressures. Ophthalmic Review VII, 1888, blz. 199.

Door middel van dezen Filtrationsmanometer nu, laat men onder constanten druk $\frac{3}{4}\%$ keukenzout-solutie invloeden in de voorste oogkamer. De uitkomst der proeven blijkt uit LEBER's woorden ¹⁾: „Bei nicht zu lange fortgesetzten Versuchen erfolgt aber bei der angegebenen Methode die Filtration van $\frac{3}{4}\%$ NaCl Lösung beim frischen toten Auge vom Menschen und Tiere vollkommen gleichmässig, und ist dem im Apparate herrschenden Drucke proportional”.

Dit blijkt uit de proeven van NIESNAMOFF, die het eerst met dezen Filtrationsmanometer experimenteerde. Deze bepaalde ook den filtratie-coëfficiënt = hoeveelheid vocht, die afvloeit bij een druk van 1 mM. Hg. in 1 minuut. Deze coëfficiënt rekent men voor elke proef uit door het aantal toevloeiende mM.³ per minuut te deelen door de drukhoogte. Wanneer de veronderstelling van LEBER ten opzichte der evenredigheid tusschen druk en toevloeiing gewettigd is, moet de filtratie-coëfficiënt voor alle proeven gelijk zijn. Uit het experiment blijkt, dat dit het geval is, dus LEBER's veronderstelling is juist.

Als men den filtratie-coëfficiënt kent, weet men dus hoeveel bij bepaalden druk p uit het oog filtreert door dien coëfficiënt met p te vermenigvuldigen.

Verder bleek uit de proeven, dat de filtratie-coëfficiënt grooter werd, naarmate de voorste oogkamer in volumen toenam, omdat natuurlijk het oppervlak, waarlangs vocht kan wegvloeien, grooter wordt.

Hetzelfde apparaat gebruikte NIESNAMOFF nu ook, om in het *levende* oog vocht te laten toevloeien. Het verschil in toevloeiing bij bepaalden druk tusschen het levende en het doode oog is natuurlijk afhankelijk van de vochtscheiding in het levende oog. Nu bleek, dat als het vocht toestroomde onder een druk gelijk aan den oogdruk, bijna geen vocht in het oog drong, d. w. z. al het voor de filtratie noodige vocht wordt geleverd door de secretie. Bij verhooging van den druk waaronder het vocht toevloeiende, verminderde de secretie, en ten slotte

1) V. GRAEFE-SAEMISCH: Handbuch II2, blz. 226.

kwam er een oogenblik, waarop de secretie 0 was. Voor het konijnen oog werd deze grens bereikt bij 50 m.m. Hg druk.

Uit deze proeven bleek, dat de secretie afneemt, proportioneel aan het verschil tusschen den intraoculairen druk en den druk in de bloedvaten. Wanneer men n.l. van deze veronderstelling uitgaande, voor den druk v in de vaten, een vergelijking opstelt, en dan in deze vergelijking voor de bekenden de in de waarnemingen gevonden waarden substitueert, vindt men steeds voor v ongeveer 't zelfde getal. Dit bewijst, dat de veronderstelling gewettigd was. ¹⁾

Volgens deze methode bepaalde NIESNAMOFF voor een aantal dieren de filtratie per minuut bij normalen oogdruk. Hij vond ²⁾

bij den mensch : 5.5 m.M³.

„ het konijn : 7 „

„ „ zwijn : 11 „

„ den hond : 18 „

„ de kat : 24 „

„ het schaap : 28 „

„ „ rund : 62 „

Wanneer men nu den inhoud der voorste oogkamer kent, kan men volgens LEBER, door de filtratie per minuut te deelen op dien inhoud berekenen in hoeveel tijd het voorste oogkamer-

1) NIESNAMOFF, v. GRAEFE's Archiv für Ophth. XLII 4 1896, blz. 31.

Setzt man nämlich den unbekannten Druck in den secernirenden Gefäßen = v (Secretie bij druk p = Sp , bij druk q = Sq) so ist unter der gemachten Voraussetzung der Proportionalität von Secretion und Differenz in den Gefäßen und der vorderen Kammer: $\frac{Sp}{Sq} = \frac{v - p}{v - q}$ Aus dieser

Formel erhalten wir: $v = \frac{Sp \cdot q - Sq \cdot p}{Sp - Sq}$ Wenn $p = 25$, $q = 33$,

$Sp = 6$, $Sq = 4$, wie aus Tabelle XII zu ersehen ist, so erhalten wir somit: $v = \frac{6 \times 33 - 4 \times 25}{46 - 4} = 49$. Setzt man $p = 33$, $q = 41$,

so ist nach der Tabelle $Sp = 4$, $Sq = 2$, hieraus erhält man:

$v = \frac{4 \times 41 - 2 \times 33}{4 - 2} = 49$, also genau denselben Wert.

2) NIESNAMOFF ibid blz. 17.

vocht volkomen ververscht zal zijn. Voor den mensch vindt LEBER ¹⁾ (aannemende dat de inhoud pl. m. 0,24 cM.³. is) 48 minuten; voor het konijn (met een voorste oogkamer volumen van 0,3 cM.³) ²⁾ ongeveer 43 minuten ³⁾.

LEPLAT ⁴⁾ bepaalde op een andere wijze de hoeveelheid vocht die afgescheiden wordt.

Hij brengt in het glasvocht van een levend konijn een canule en verbindt dien met een manometer, dien hij instelt op den normalen oogdruk. Nu ledigt hij de voorste oogkamer en vult deze met vloeibare vaseline, totdat weer de oorspronkelijke druk bereikt is. Door de vaseline wordt de afvloeiing uit de Fontanasche ruimten verhinderd en het gesecerneerde oogvocht laat den manometer rijzen. Ongeveer 4 mM.³ vloeistof per minuut dringt aldus uit het konijnen oog in den manometer en LEPLAT leidt daaruit af, dat de secretie dan ook pl. m. 4 mM.³ per minuut zal bedragen.

Critiek over de waarde dezer methoden voor de bepaling der snelheid van den vochtstroom in het oog.

De methoden der eerste groep zijn uit den aard der zaak geen van allen geschikt om den vochtstroom te meten, zelfs bij benadering valt daarover geen oordeel te vellen.

De methoden der tweede groep, vooral die van LEBER, hebben meer waarde voor het quantitatief onderzoek. Deze waarde is echter mijns inziens zeer betrekkelijk.

Naar mijn innige overtuiging toch, is de manometermethode van LEBER niet voldoende te vertrouwen. Men experimenteert hier met een *dood* oog, terwijl bij de proeven aan het levende oog de normale verhoudingen niet meer bestaan, daar dan de punctie-canule door de cornea heen in de voorste oogkamer is gedreven. Bij deze proeven kan men toch niet volhouden,

1) Handb. v. GRAEFE-SAEMISCH, 1903, II, 2, blz. 227.

2) Ik vond bij mijn experimenten een gemiddelden inhoud van 0,25 cM.³.

3) Dit zijn zoo ver ik weet de eenige opgaven in de litteratuur over den duur der vochtversching van de voorste oogkamer.

4) LEPLAT. Recherches sur la circulation du liquide intra-oculaire Annales d'oculistique CI 1889, blz. 133 e. v.

dat het oog daarop niet zal reageeren met verandering der vaatlumina, waarvan toch ook al weer de mate der secretie afhankelijk zal zijn. LEBER zegt wel, zooals ik reeds bij de aanhaling zijner eigen woorden opmerkte, dat de filtratie terstond na den dood gelijk zal zijn met die tijdens het leven, maar met niets bewijst hij dit. In het doode oog hebben we toch te doen met geheel andere verhoudingen, als daar zijn: ledige bloedvaten, die niet meer staan onder invloed van het zenuwstelsel, veranderde elastische spanning, andere temperatuur. LEBER zelf was dan ook vroeger van een ander oordeel dan thans, want in een zijner eerste verhandelingen over dit onderwerp zegt hij: ¹⁾

„Es muss dann natürlich die Filtration beim Lebenden, wo die Gefässe mit Blut gefüllt sind, langsamer von statten gehen, als beim Todten, was der Versuch auch bestätigt“. 't Is mij dan ook niet duidelijk, waarom LEBER thans anders oordeelt; en hoe ook NIESNAMOFF ²⁾ in 1896 in hetzelfde tijdschrift, zonder commentaar kan zeggen, dat de secretie der processus ciliares circa 6 mM.³ per minuut bedraagt „unter der gewiss gerechtfertigten Voraussetzung, das die Filtration des lebenden Auges bei normalem intraoculairem Druck der des todten Auges bei gleichem Druck entspricht.“

Niets bewijst het gerechtvaardigde der uitspraak, dat de filtratie tijdens het leven gelijk zou zijn aan die van het geënuceëerde oog, eveneens blijkt uit niets, dat de afscheiding van vocht in het oog als 't ware afhankelijk zou zijn van de resorptie in den hoek der voorste oogkamer, veeleer komt het mij waarschijnlijk voor, dat het omgekeerde het geval is.

Ook op de betrouwbaarheid der resultaten van de proefnemingen van LEPLAT valt veel af te dingen, daar men de uitkomsten, verkregen bij een oog op deze wijze behandeld, volgens mijn meening moeilijk met eenig recht ook voor het

1) LEBER. Studien über den Flüssigkeitswechsel im Auge. v. GRAEFE's Arch. f. Ophth. 1873 XIX² blz. 120.

2) NIESNAMOFF: Quantitative Verhältnisse der Filtration und Secretion des Kammerwassers. v. GRAEFE's Archiv für Ophth. XLII⁴ 1896, blz. 28.

normale, onbeschadigde, levende oog mag laten gelden. Desniettegenstaande blijft het onderwerp toch zeer belangwekkend; een juist inzicht in de snelheid van de vochtwisseling in het oog is toch zeer te wenschen.

Theoretische beschouwingen over de vochtstroomsnelheid. A priori is te verwachten, dat in het normale oog deze vochtwisseling een uiterst langzame is, en waarom? Om de eenvoudige reden, dat het vocht uit de voorste oogkamer bijna niet verontreinigd wordt. Het is in aanraking met het endotheel van de membrana Descemetii, het endotheel dat de balken van de Fontanasche ruimten bekleedt en de voorvlakte van de iris. Het is toch niet te veronderstellen, dat de stofwisseling hier een zoo levendige is, dat een noemenswaardige hoeveelheid stofwisselingsproducten in korten tijd afgescheiden worden in het vocht der voorste oogkamer.

Het hoornvlies heeft zijn eigen „Saftkanälchen”-systeem en ook de iris heeft haar eigen weefselspleten, dus stofwisselingsproducten, aldaar geproduceerd, zullen de natuurlijke wegen volgen en niet komen in het voorste oogkamervocht. Dit vocht zal dus slechts zeer langzaam verontreinigd worden en het is dan ook te verwachten, dat, bij de rationeele inrichting, zooals wij die overal in het lichaam waarnemen, de vochtversching langzaam geschiedt.

Anders echter wordt het, wanneer het vocht van de voorste oogkamer verontreinigd is met vreemde agentia of ontstekingsproducten; dan zou het begrijpelijk zijn, dat de vochtwisseling sneller plaats vond. Evenzoo zal er bij verlaging van den oogdruk grooter vochtsecretie zijn, wat ook blijkt uit de spoedige vulling der voorste oogkamer na punctie. In enkele gevallen had het oog van mijn proefdieren reeds na eenige minuten weer een bijna normale tensie bereikt.

Klinische ervaringsfeiten. Ook klinische waarnemingen schijnen deze opvatting te steunen. Zoo b. v. is het bekend, dat de duur der atropine-werking bij keratitis, cyclitis, iritis een zeer veel kortere is dan in het normale oog, wat gemakkelijk verklaard kan worden door een levendiger vochtwisseling in het oog, onder invloed van de ontstekingsproducten.

Jaren lang kan bij een schijnbaar volkomen synecchia posterior de tensie van het oog normaal blijven, wat wijst op een uiterst langzame vochtverversching, tot dat plotseling de vochtstroom door het een of ander aanleidend moment versneld wordt; daar bij de bijkans totale synecchie het afgescheiden oogvocht nu niet meer voldoende geresorbeerd kan worden, ontstaat plotseling de glaucoom aanval. ¹⁾

Feiten door het experiment verkregen. ADAMÜK ²⁾ wees reeds in 1869 er op, dat bij chemische prikkeling van de conjunctiva de vochtstroom die ontstaat door punctie der cornea, versneld wordt.

WESSELY ³⁾ en ook JESNER ⁴⁾ zagen duidelijke verandering van het kamervocht optreden bij chemische en electrische prikkeling, nl. een rijker worden aan eiwit en 't optreden van fibrine (evenals na parakentese der voorste oogkamer). Ook bij subconjunctivale injecties van 5 % NaCl-solutie merkte WESSELY deze verandering op.

Tot slot van dit hoofdstuk wil ik even, ter wille van de actualiteit, ten bewijze dat niet ieder de meening van LEBER toegedaan is, de volgende woorden van Prof. VENNEMAN te Leuven citeeren: ⁵⁾

„Pour beaucoup d'entre vous je vais dire maintenant, ou plutôt répéter une grosse hérésie: je ne crois pas qu'il existe dans les chambres d' l'oeil un véritable courant *continu*. J'estime,

1) Deze twee klinische ervaringsfeiten deelde professor Straub mij mede, waarvoor ik Z. H. Gel. hier gaarne dank zeg. Hij deelde mijne opvatting omtrent de vochtverversching.

2) ADAMÜK: Neue Versuche über den Einfluss des Sympathicus und Trigeminus auf Druck und Filtration im Auge. Sitzungsber. d. Wien. Akad. d. Wissensch. LIX² 1869, blz. 434.

3) WESSELY: Ueber die Wirkung des Suprarenins auf das Auge. Bericht über die 28. Versammlung der Ophthalmol. Geselsch. Heidelberg 1900, blz. 74.

4) JESNER: Der Humor aqueus in Seinen Beziehungen zu Blutdruck und Nervenreizung. Pflügers Archiv. f. d. ges. Physiol. XXIII, 1880 blz. 36.

5) M. VENNEMAN: Discussie over de voordracht van Nuel en Benoit: L'absorption de l'humeur aqueuse dans l'oeil humain. Bullétin de la Société Belge d'ophth. 1899, No. 6, blz. 11.

après longue et mure réflexion que l'humeur aqueuse est un liquide stagnant, et que la chambre antérieure est un petit dépotoir où s'accumulent toxines et microbes à l'occasion.

Il n'y a pas plus de courant régulier dans notre chambre antérieure, que dans les citernes où nous puisons notre eau de source ou d'alimentation. Si nous pompons quelques seaux d'eau, une quantité d'eau équivalente filtrera de la nappe d'eau souterraine dans le puits et puis le courant momentané s'arrêtera".

HOOFDSTUK III.

Eigen onderzoek.

Eischen, gesteld aan het onderzoek. Bij mijn onderzoek stelde ik mij de volgende eischen:

- 1^o. 't Onderzoek moest aan levende oogen geschieden.
- 2^o. Er moest geëxperimenteerd worden bij zooveel mogelijk normaal blijvend oog niet gelaedeerd door punctie of chemische agentia in sterke concentratie.

Door deze beperkende bepalingen waren vanzelf uitgesloten de onderzoekingen op geënucléeerde oogen en tevens ook de onderzoekingen, waarbij door punctie 't oog beleedigd wordt.

Idee van uitgang. Het idee van uitgang was het volgende:

Als het mogelijk is een bepaalde hoeveelheid van een zekere opgeloste scheikundige stof te brengen in 't voorste oogkamer-vocht, zal deze stof door de steeds plaats vindende vochtaf-scheiding en opvolgende resorptie, verdund worden. De graad dezer verdunning zal afhankelijk zijn van de snelheid, waarmee het vocht ververscht wordt, terwijl natuurlijk ook nog van invloed zijn zal de diffusie van de aan het lichaam vreemde stof in de omgevende vochten. Uit den tijd noodig om een bepaalden verdunningsgraad te bereiken en dien verdunningsgraad zelf, moet dan een waarde af te leiden zijn voor den tijd, waarin het voorste oogkamervocht weer zijn normale samenstelling heeft bereikt.

Diffusie door de cornea. De mogelijkheid om van buitenaf zonder punctie opgeloste scheikundige agentia te brengen

in den humor aqueus is sinds lang bekend. Wanneer men in den conjunctivazak oplossingen van zouten, alcaloiden of kleurstoffen brengt, is het steeds mogelijk deze stoffen na korter of langer tijd in den humor aqueus aan te toonen. Op deze eigenschap van diffusie door de cornea heen berust b.v. de werking der myotica en der mydriatica.

DE RUITER ¹⁾ heeft reeds in 1853 er op gewezen, dat van een atropine-solutie, ingedruppeld in den conjunctivaalzak, het alcaloid overtreedt in 't waterachtig vocht, en dan inwerkt op de iris. Hij bewees dit door een elegante proef:

DE RUITER druppelde n.l. een sterke solutie van sulph. atropini tot twee maal toe in 't oog van een konijn; een half uur daarna, toen de pupil flink verwijd was, deed hij een punctie van de voorste oogkamer en het daarbij verkregen vocht bracht hij in het oog van een hond, die reeds na één uur een belangrijke pupilverwijding vertoonde, ten bewijze dat 't vocht van de voorste oogkamer atropine oplossing inhield. DE RUITER wees er tevens op, dat de atropine in dat vocht wel in zeer geringe quantiteit moest aanwezig zijn. Een oplossing van $\frac{1}{129000}$ sulf. atr. toch, gaf reeds een pupilverwijding, die 20 uur aanhield, terwijl de pupilverwijding bij den proefhond reeds den volgenden morgen was verdwenen. In 't voorste oogkamer-vocht moet dus minder dan $\frac{1}{129000}$ atropine aanwezig geweest zijn, daar de werking zwakker was.

Na deze experimenten van DE RUITER zijn de proeven om te bewijzen, dat chemische stoffen diffundeeren door de cornea in den humor aqueus door velen herhaald.

GOSSELIN ²⁾ experimenteerde met JK en vond, dat na 5—8 maal indruppelen van 20 % JK oplossing in het oog, dit zout reeds na $1\frac{1}{2}$ minuut aan te toonen was in het vocht der voorste oogkamer.

1) Dr. G. C. P. DE RUITER: Onderzoekingen over de werking van Atropa Belladonna op de iris, Ned. Lancet 1853—'54, blz. 463.

2) GOSSELIN: Mémoires sur le trajet intraoculaire des liquides absorbés à la surface de l'oeil, Acad. de Med. 7 Aout 1855. (Geciteerd uit VON GRAEFE-SAEMISCH).

BELLARMINOFF¹⁾ gebruikte in zijn proeven ter bepaling van de diffusie door het hoornvlies, verzadigde oplossingen van fluoresceïne in 2 % soda. Deze oplossing laat hij 20 minuten lang in aanraking met het oog, daarna wast hij uit en bepaalt colorimetrisch het gehalte aan fluoresceïne in den humor aqueus. De hoeveelheid fluoresceïne opgenomen in het oog, wisselt van $\frac{1}{512000}$ tot $\frac{1}{192000}$ of van 0,00000039 gr. tot 0,00000104 gr. fluoresceïne in de voorste oogkamer. BELLARMINOFF weist er in zijn verhandeling op, dat de gevonden quantiteit niet beantwoordt aan de totale gediffundeerde hoeveelheid, dat de vloeistofversching in het oog een gedeelte van het gediffundeerde heeft meegevoerd. Hij zegt: ²⁾ „Mit welcher Schnelligkeit sich dieser Wechsel vollzieht, kann bei unseren jetzigen Kenntnissen nicht bestimmt werden, daher ist es unmöglich die absolute Quantität der in der gegebenen Zeit diffundirenden Substanz anzugeben. Wenn wir nicht destoweniger annehmen, dass der volle Flüssigkeitswechsel in der vorderen Kammer im Verlaufe von 20 Minuten zweimal stattfindet, und dass infolge dessen die angeführten Zahlen verdoppelt werden müssen, so wird die Quantität der diffundirten Substanz doch nicht zehn-milliontel Theile eines Gramms übersteigen“).

Uit deze proefnemingen blijkt reeds dat, al bestaat de mogelijkheid van diffusie voor verschillende stoffen, de gediffundeerde hoeveelheid toch zeker zeer gering is. Trouwens een echt physisch diffusieproces kan men dezen overgang van chemische agentia, door de cornea heen, in den humor aqueus, niet noemen, wegens

Den invloed van opt- en mechanisch op de diffusie. Uit verschillende proefnemingen blijkt, dat de aanwezigheid van het bytheel op de cornea een groote rol speelt, is dit afweeg dan heeft de overgang veel sneller plaats. De levende corneacellen, kracht-

1) BELLARMINOFF: Untersuchungen mit der quantitativen colorimetrischen Methode über die Resorption in die vordere Augenkammer. I. G. G. Archiv. f. Ophth. 1893, blz. 38.

2) *ibid.* blz. 50.

3) Hieruit blijkt ook al weer dat BELLARMINOFF van oordeel is, dat de vloeistofversching tamelijk snel geschiedt.

tens het bijzondere electieve vermogen aan het geheele levend protoplasma eigen, werken als het ware als barrière tegen de te diffundeeren stof. Dit blijkt immers ten duidelijkste hieruit reeds: dat door de doode cornea de diffusie veel sneller gaat ¹⁾ terwijl bij ontblooting van de cornea van een deel van haar epitheel de concentratie van de stof, die in den humor aqueus diffundeert, ook veel spoediger stijgt ²⁾. STRAUB ³⁾ voerde, juist door deze eigenschap getroffen, het fluoresceïne als diagnostisch hulpmiddel in om kleine epitheel-defecten te ontdekken. En wie heeft niet deze schoone methode bewonderd, waarbij na indruppeling van een fluoresceïne oplossing en opvolgende afwassching, het allerkleinste met gewapend oog bijna niet zichtbaar epitheeldefectje, als een groen stipje of vlekje te voorschijn komt?

Evenzoo vertraagt het endotheel op de binnenvlakte der membrana Descemetii de diffusie, wat ook door proeven met fluoresceïne kan worden bewezen ⁴⁾. Voor de barrièrewerking van het epitheel en endotheel der cornea spreken ook de uitkomsten der proeven van LEBER, die zelfs bij zeer hoogen druk geen vocht zag treden door de cornea of door de membrana Descemeti bij behoud der endotheellaag ⁵⁾.

Daar de diffusie vanuit den conjunctivaalzak bij intact epitheel dus zeer langzaam gaat, is men genoodzaakt, wanneer men het gediffundeerde wil aantoonen in den humor aqueus, stoffen te gebruiken, die in zeer geringe concentratie nog duidelijk reactie geven.

1) MITROPHAN MIMOCKY: Experimentelle Beiträge zur Diffusion im Auge. v. GRAEFE'S Arch. f. Ophth. XI2, 1865, blz. 119.

2) BELLARMINOFF: Unters. mit der quant. colorimetr. meth. etc. VON GRAEFE'S Archiv f. Ophth. XXXIX3, 1893, blz. 56.

3) M. STRAUB: Centralblatt für pract. Augenheilk., 1888.

4) V. HIPPEL: Die Ergebnisse meiner Fluorescein methode etc., VON GRAEFE'S Arch. f. Ophth. LIV3, blz. 510, 1902.

5) V. GRAEFE-SAEMISCH: Handbuch 1903. II2, § 110, blz. 275 en § 138. Schutzwirkung des Epithels und Endothels, blz. 357.

Chemische agentia in geringe concentratie nog aantoonbaar.
Aan deze voorwaarde voldoen:

I. De mydriatische en myotische alcaloiden, die op de wijze door DE RUITER het eerst aangegeven, in zeer geringe hoeveelheid aantoonbaar zijn. Deze stoffen zijn dus aantoonbaar door een *physiologische* reactie.

II. Enkele metaalzouten zooals Joodkalium, Ferrocyaan kalium, Rhodaanzouten, waarop uiterst gevoelige *chemische* reacties bestaan.

III. Enkele kleurstoffen, die in zeer geringe quantiteit nog een zeer sterk kleurend vermogen hebben; van welke kleurstoffen de fluoresceïne wel boven aan de rij staat. Zij zijn dus herkenbaar door *kleur*-reactie.

Voor mijn doel was het echter niet alleen noodig de stoffen in zeer geringe quantiteiten te *herkennen*, maar ook quantitatief te *bepalen*.

Critiek der methoden. De eerste methode der physiologische reactie viel al dadelijk als voor quantitatief onderzoek ongeschikt, af. Eenige experimenten deden de bezwaren dezer methode duidelijk uitkomen:

1°. Men heeft steeds weer nieuwe dieren noodig voor de bepaling van den concentratiegraad.

2°. De tijd waarin de maximale contractie van de pupil is bereikt, verschilt voor de onderscheidene concentraties ten zeerste, men weet niet juist welke wijde van de pupil de grootste is, daar men niet uren achtereen de pupil kan blijven waarnemen, terwijl ook de lichtsterkte zijn invloed doet gelden. Het tijdsverloop voor één waarneming noodig is ook te groot.

3°. Waarschijnlijk speelt ook de individualiteit der verschillende dieren een groote rol in de pupilwijdte, daar het toch een bekend feit mag heeten, dat de physiologische werking der alcaloiden op verschillende dieren van één species zeer kan verschillen.

De tweede methode der chemische reactie heeft ook hare bezwaren, althans voor de metaalzouten, waarmee tot nu toe geëxperimenteerd was.

1^o. De oplossingen dezer zouten irriteren allen, in de noodige concentratie in den conjunctivaalzak gebracht, de cornea en het oog kan dan geen aanspraak meer maken op den naam van een normaal oog, daar troebeling en zwelling der conjunctiva optreedt en verwijding der irisvaten.

2^o. Zijn de verkleuringen, waarop bijv. de gevoelige reacties op ferrocyanaalkalium en joodkalium berusten, in dikke laag wel herkenbaar, doch in de uiterst geringe hoeveelheden vocht, waarmee wij te doen hebben (inhoud voorste oogkamer ± 0.25 cM.³) niet voldoende herkenbaar, vooral bij zeer geringe concentraties.

De *derde* methode, waarbij ik alleen fluoresceïne beproefd heb op haar bruikbaarheid, biedt eveneens bezwaren en wel:

1^o. Evenals bij de methoden der chemische reacties, de moeilijkheid om in zoo geringe hoeveelheid vocht het fluoresceïne gehalte te bepalen.

2^o. De gevaren der verontreiniging zoowel van de proefvloeistof, als ook van de vloeistoffen der kleurenschaal met geringe hoeveelheden van de fluoresceïneoplossing, waarmee men indruppelt. Eén vlekje aan den vinger, geeft zelfs na herhaald afwasschen nog groene fluorescentie aan een kleine quantiteit water.

Qualitatief aantonen van Li. Daar dus geen dezer methoden mij zeer bruikbaar toescheen, beproefde ik een oplossing van Lithiumzout op zijn geschiktheid. De Lithiumzouten zijn uiterst gemakkelijk in minimale hoeveelheden nog aantoonbaar door middel van het spectroscop. MONNIKENDAM ¹⁾ gebruikte in zijn proeven over het lot der Joodalcaliën in het lichaam, joodlithium, daar het lithium in $5 \times$ geringer hoeveelheid dan het jodium reeds aantoonbaar was en wel in een hoeveelheid van $\frac{1}{1000}$ mg.

Ik gebruikte oplossingen van chloorlithium en 't bleek mij, dat een druppel van een oplossing van 1 ClLi in 1.600.000 gedestilleerd water, aan een platinaspiraaltje in de Bunsensche

1) MONNIKENDAM: Over de splitsing van Jood- en Broomverbindingen in het dierlijk lichaam. Diss. Amsterdam 1886. Geciteerd uit: Prof. B. J. STOKVIS, Geneesmiddelleer III 1902, blz. 173).

vlam gebracht, duidelijk, hoewel zwak, de lithiumstreep deed verschijnen. Aannemende, dat een druppel $\frac{1}{10}$ gram weegt, was dus in een hoeveelheid van $\frac{1}{160.0}$ mg. = 0.000000625 gr. chloorlithium, het Li aantoonbaar.

Quantitative bepaling van het chloorlithium. Het chloorlithium bleek dus bij uitstek geschikt om in zeer kleine hoeveelheden nog aangetoond te kunnen worden. Het kwam er nu nog slechts op aan in een solutie van chloorlithium de quantiteit van deze stof te bepalen. Ook dit geschiedde spectroscopisch door de vloeistof met een onbekend gehalte aan chloorlithium zoo lang met gedestilleerd water te verdunnen, totdat weer de grens, waarbij de Li-streep nog even zichtbaar was, bereikt werd. Na eenige oefening bleek het, dat met deze methode voldoende nauwkeurig het chloorlithiumgehalte te benaderen was. De gevonden fouten waren zeer gering, in aanmerking genomen de geweldig zwakke concentraties. Zoo vond ik voor een oplossing van $\frac{1}{53000}$, $\frac{1}{51000}$; voor een van $\frac{1}{76000}$, $\frac{1}{73000}$; voor $\frac{1}{12000}$, $\frac{1}{11800}$. De fout is betrekkelijk zoo klein, dat zij op de waarde der proefnemingen geen noemenswaardigen invloed kon hebben. Deze methode van quantitative bepaling bleek dus door de uitkomsten voor mijn doel volkomen bruikbaar.

Voordeelen van het gebruik eener chloorlithiumoplossing. Behalve de betrekkelijk gemakkelijke quantitative bepaling van chloorlithium in geringe hoeveelheden vloeistof, was er nog een voordeel verbonden aan het gebruik dezer oplossing. In niet te sterke concentratie (ik gebruikte 2 $\frac{0}{0}$ oplossing) ingedruppeld in den conjunctivaalzak van het konijn, onderging het oog in het geheel geen veranderingen. De cornea bleef volkomen doorschijnend, vaatverwijding trad niet op in de iris, wat vooral duidelijk waarneembaar was bij albino's, waar de geringste verschillen in bloedvulling der irisvaten, zich dadelijk kenbaar maken door meer of minder roze worden der iris. Een enkele maal nam ik eenige zwelling waar van het conjunctivaal-slijmvlies, dat de overgangsplooi bekleedt.

In het chloorlithium had ik dus een alleszins bruikbare stof voor mijn onderzoek gevonden.

Modus operandi. In theorie stelde ik mij nu de volgende wijze van werken voor: In den conjunctivaalzak van een konij-nenoog breng ik gedurende een bepaalden tijd een 2 % solutie van chloorlithium. Daarna wasch ik het oog met physiologische zoutsolutie uit, doe een punctie van de voorste oogkamer en vang het uitvloeiend vocht op. In dit vocht wordt het chloorlithiumgehalte bepaald. Van een ander oog laat ik de cornea gedurende denzelfden tijd in aanraking met de 2 % chloorlithiumoplossing, wasch daarna uit, tap nu het vocht een zekeren willekeurigen tijd later af, en bepaal weer het gehalte aan chloorlithium. Uit het verschil der tijden verloopen tusschen wasschen en aftappen van beide oogen, in verband met het chloorlithiumgehalte beider oogen, moet de tijd noodig om het vocht van de voorste oogkamer weer normaal van samenstelling te doen zijn, berekend kunnen worden.

Quantiteit chloorlithium, die diffundeert in den humor aqueus. Een der eerste vragen, die zich nu voordeden, was de volgende: Hoelang zal ik de chloorlithiumoplossing in aanraking moeten laten met de cornea om een merkbare hoeveelheid in het voorste oogkamervocht te vinden? Nu bleek, wat a priori te verwachten was, dat de tijd daarvoor noodig, voor verschillende dieren zeer verschilde. De dikte van de cornea is daarbij van invloed, dus de leeftijd en het geslacht van de dieren speelt hierbij een rol.¹⁾ Uit mijn experimenten bleek dan ook, dat bij jonge dieren meer chloorlithium in den humor aqueus werd gevonden dan bij oudere dieren, terwijl de cornea van beide dieren even langen tijd met de chloorlithium-solutie was in aanraking geweest.

Uit enkele proefnemingen bleek verder, dat de beide oogen van één zelfde dier, na even lang in aanraking geweest te zijn met de chloorlithium-solutie, ook nagenoeg evenveel chloorlithium in hun humor aqueus bevatten. Wilde ik dus bij mijn later onderzoek oogen hebben, die met elkaar vergelijkbaar waren, zoo moest ik telkens de oogen van één zelfde dier bij de berekening gebruiken.

1) GRAEFE-SAEMISCH: Handbuch II2, 1903.

LEBER: Die Circulations und Ernährungverhältnisse des Auges, blz. 378

Thans wil ik laten volgen de uitkomsten eener reeks proeven door mij gedaan, ter bepaling van het chloorlithiumgehalte in de voorste oogkamer, nadat de cornea verschillende tijden met een oplossing van 2 % chloorlithium in aanraking was geweest. Telkens zijn de waarden gevonden bij de oogen van één dier tot een paar gecombineerd:

I:	29.000	=	0,003448	%	na	31	minuten.
I:	26.000	=	0,003846	%	„	61	„
I:	134.000	=	0,000746	%	„	15	„
I:	64.000	=	0,00156	%	„	75	„
I:	125.000	=	0,0008	%	„	30	„
I:	53.000	=	0,001886	%	„	70	„
I:	150.000	=	0,000666	%	„	15	„
I:	83.000	=	0,001205	%	„	45	„
I:	100.000	=	0,001	%	„	30	„
I:	45.000	=	0,00222	%	„	60	„
I:	10.000	=	0,01	%	„	27	„
I:	6.000	=	0,0166	%	„	120	„
I:	64.000	=	0,001562	%	„	35	„
I:	45.000	=	0,0022	%	„	60	„
I:	80.000	=	0,00125	%	„	28	„
I:	45.000	=	0,0022	%	„	65	„
I:	14.500	=	0,00689	%	„	63	„
I:	11.400	=	0,008772	%	„	122	„
I:	26.000	=	0,003846	%	„	60	„
I:	10.000	=	0,01	%	„	128	„

I: 10.600 = 0,00943 $\frac{0}{0}$ na 60 minuten.

I: 8.800 = 0,01136 $\frac{0}{0}$ „ 128 „

I: 53.000 = 0,001886 $\frac{0}{0}$ „ 45 „

I: 20.000 = 0,005 $\frac{0}{0}$ „ 129 „

I: 16.000 = 0,00625 $\frac{0}{0}$ „ 63 „

I: 8.800 = 0,01136 $\frac{0}{0}$ „ 120 „

I: 32.000 = 0,003125 $\frac{0}{0}$ „ 40 „

I: 13.300 = 0,007518 $\frac{0}{0}$ „ 122 „

Grafische voorstelling. Ten behoeve van een gemakkelijker overzicht heb ik deze gevonden waarden grafisch voorgesteld (zie plaat I). De tijden staan op de abscis, de percentages op de ordinaat. Telkens zijn de getallen behorende bij één paar oogen verbonden door een rechte lijn. Deze *rechte* lijn is dus *niet* de uitdrukking der klimming van het chloorlithium-gehalte in de tusschengelegene tijden, doch dient slechts ter verduidelijking.

Uit de getallenreeks, en nog beter uit de grafische voorstelling blijkt:

1^o. Dat een groot verschil bestaat tusschen de oogen van verschillende dieren. Het grootste percentage vond ik dan ook bij jonge, kleinere dieren. Verder is 't natuurlijk mogelijk, dat ook andere, onbekende factoren dan juist de leeftijd en misschien het geslacht, een rol daarbij spelen.

2^o. Dat de beide oogen van één dier goed met elkaar vergelijkbaar zijn, daar, wanneer in het eene oog een hoog chloorlithium-gehalte gevonden wordt, dit ook in het andere oog het geval is.

3^o. Dat het laagst door mij gevonden percentage 0,00066 $\frac{0}{0}$ was, overeenkomende met een oplossing van 1: 150.000, na een tijd van 15 minuten gevonden; en het hoogste 0,0166 $\frac{0}{0}$ overeenkomende met een oplossing van 1: 6000, gevonden na 2 uur.

4°. Dat de toeneming van het chloorlithium-percentages, voor zooverre men tenminste uit het gering aantal waarnemingen eenige conclusie mag trekken, niet evenredig is aan den tijd, maar vermindert. Wanneer we toch de grafische voorstelling eens beschouwen, en dan de beginpunten der hellende lijnen verbonden denken met het snijpunt van ordinaat- en abscis-as, krijgen we een tweede stel hellende lijnen, wier begin en eindpunt wéér de uitdrukking zijn van het chloorlithium-gehalte bij hetzelfde oog. De gebroken lijn, die nu als het ware de voorstelling is van het chloorlithium-gehalte van één oog op drie verschillende tijden helt in het begin (ten minste in 12 van de 14 gevallen) sterker dan later, wat de uitdrukking is van de vermindering der hoeveelheid chloorlithium, waarmee in de tijdseenheid het gehalte in de voorste oogkamer toeneemt. Deze stand van zaken was vooraf te verwachten, daar er ten slotte een evenwichtstoestand zal bereikt worden tusschen de hoeveelheid chloorlithium, die door diffusie in den humor aqueus komt, en de hoeveelheid, die daaruit verdwijnt door de resorptie in den hoek der voorste oogkamer.

Eerste bron van fouten. Bij deze voorbereidende experimenten ontdekte ik spoedig een bron van fouten, en deze was gelegen in de quantitatieve bepaling van het chloorlithium-gehalte. Wat toch wilde het geval! Het bleek dat de lithium-streep veel langer zichtbaar bleef, wanneer ik als oplosmiddel gedestilleerd water gebruikte, dan wanneer ik daarvoor gebruikte een physiologische keukenzout-solutie. De schelle natrium-streep doofde met zijn diffuus geel uitstralend licht de zwakke Li-lijn. Dit nu, is een zeer groote bron van fouten. Het voorste oogkamer-vocht toch, bevat 0,75 % NaCl; als het gehalte chloorlithium daarin 1 : 1,600,000 is, kan men van een Li-lijn niets onderscheiden door het sterke natriumlicht, terwijl bij hetzelfde gehalte aan CLi in gedestilleerd water, de Li-streep nog zichtbaar is. Het bleek bij nader onderzoek, dat voor een zoutsolutie van 0.75 % NaCl de grenswaarde voor het ontdekken der Li-lijn gelegen was bij een gehalte van 1 : 300,000, terwijl voor gedestilleerd water deze grens, zooals boven reeds gezegd, eerst

bereikt wordt bij een gehalte van 1 : 1.600.000. Verder bleek, dat bij 20-malige verdunning met gedestilleerd water der 0,75 % keukenzout-solutie de Li-lijn bij hetzelfde grensgehalte waargenomen werd als in gedestilleerd water.

Ik stelde daarom een empirische tabel samen, door achter-eenvolgens de grenswaarde voor de Li-streep te bepalen in een oplossing van 0,75 % NaCl en in oplossingen, die op 1 volumen 0,75 % NaCl-solutie respectievelijk 1, 3, 7, 11, 15 en 19 volumina gedestilleerd water bevatten. Ik vond het grensgehalte om Li nog te herkennen voor:

	0.75 % NaCl		bij 1 :	300.000
1 vol.	0.75 % NaCl	+	1 vol. H ₂ O	„ 1 : 400.000
I „	„	„	+ 3 „	„ „ 1 : 600.000
I „	„	„	+ 7 „	„ „ 1 : 900.000
I „	„	„	+ 11 „	„ „ 1 : 1.100.000
I „	„	„	+ 15 „	„ „ 1 : 1.300.000
I „	„	„	+ 19 „	„ „ 1 : 1.600.000

Grafische voorstelling. Deze uitkomsten zijn door mij in eene grafische voorstelling gebracht (zie plaat II); op de ordinaat-as zijn de hoeveelheden chloorlithium aangegeven, aanwezig in oplossingen van 1 : 300.000, 1 : 400.000 enz. tot 1 : 1.600.000 van het oplosmiddel (mengsel van 1 vol. 0,75 % NaCl-solutie met een bepaald aantal volumina gedestilleerd water). Op de abscis-as is het aantal vloeistof-volumina opgegeven van het medium waarin ClLi was opgelost. Het grens-chloorlithiumgehalte voor het cijfer 8 bijv. wil dus zeggen het grensgehalte waarbij men nog de Li-streep waarneemt in een solutie, die op één volumen keukenzoutoplossing van 0,75 %, 7 volumina water bevat, een 8 × verdunde 0,75 % keukenzout-solutie, zooals ik deze in 't vervolg voor het gemak zal noemen.

Uit deze grafische voorstelling wordt duidelijk, hoe het kwam, dat ik in de 20 × verdunde 0,75 % NaCl-solutie de Li-streep bij hetzelfde grensgehalte zag als in gedestilleerd water; want de curve, ontstaande door de verschillende gevonden punten te verbinden, vertoont de neiging op zijn eindgedeelte evenwijdig met de abscis-as te blijven. Verder mogen we, de regelmatig-

heid dezer lijn in aanmerking genomen, voor de tusschenliggende verdunningen de grenswaarde van het chloorlithiumgehalte, noodig om nog even de Li-streep te herkennen, interpoleren.

Tweede bron van fouten. Nog een tweede bron van fouten werd door mij ontdekt bij mijn allereerste experimenten, en wel den wisselenden stand van den spectroscop ten opzichte van de vlam en in de plaats van het platinaspiraaltje, waaraan de te onderzoeken druppel werd gehangen, in de vlam. Verschillende standen gaven verschillende uitkomsten. Daarom moest ééns voor al de stand van den spectroscop voor alle te nemen proeven dezelfde blijven, evenzoo de plaats van den Bunsenschen brander en de plaats van het spiraaltje in de vlam. De gevoeligste stand werd door mij bepaald en toen spectroscop en brander aan de tafel gefixeerd. Ten overvloede controleerde ik steeds bij mijn bepalingen de juistheid mijner waarnemingen aan de standaardoplossingen, door mij gemaakt, voor de zooeven beschreven grafische voorstelling.

Beschrijving der proeven.

Een konijn werd in zijligging vastgebonden op den konijnenhouder van CZERMAK. De kop ligt dus op zijde, en werd nog eens extra met eenige banden geïmmobiliseerd. De ooglidranden van het dier werden nu met wat vaselinum vet gemaakt, om het overvloeien van vloeistof zooveel mogelijk te beletten; daarna werd een ooglidhouder ingebracht. Den ooglidhouder bevestigde ik aan een standaard, zoodat het oog door den ooglidhouder, zonder dat deze gehanteerd werd, opengehouden werd. Nu kwam het er op aan den conjunctivaal-zak met 2 % CILi-oplossing te vullen. Ik liet de chloorlithiumsolutie toevloeien door een capillair buisje van uit een hoog staand reservoir, dat als Mariottische flesch was ingericht. Zodoende vloeide de solutie

onder steeds constanten druk toe, en vloeide er steeds even veel door het capillaire buisje.

Ongeveer om de $\frac{3}{4}$ minuut viel een druppel uit het buisje in den conjunctivaalzak, die vooraf met de 2 % solutie gevuld was. Door deze gestadige druppeling werd gezorgd dat het chloorlithium-gehalte niet veranderde door verdamping of diffusie. Het overvloedige vocht stroomde langs den nasalen ooghoek af. Van uit het reservoir kon ik op dezelfde wijze met een tweede capillairbuis het oog van een ander dier indruppelen, en zoo was ik dus in staat twee proefnemingen ongeveer tegelijkertijd te doen.

Ik liet nu in al mijn proeven den conjunctivaal-zak gedurende 45 minuten gevuld met 2 % chloorlithium-solutie en spoelde deze daarna zorgvuldig uit met physiologische keukenzoutoplossing. Het tijdstip dezer wassching werd genoteerd en een bepaalden tijd daarna, in verschillende proeven verschillend, het vocht uit de voorste oogkamer afgetapt. Dit aftappen geschiedde eerst steeds met een Pravaz spuitje, doch dan heeft men steeds hulp noodig om het oog te fixeeren. Later gebruikte ik in plaats van den zuiger van het spuitje, den elastieken ballon van een momensluter. Het slangetje van den ballon werd verbonden met den cylinder van het spuitje. Het ballonnetje nam ik nu samengedrukt in den mond; met de linkerhand fixeerte ik door middel van een fixeerpincet, dat den rectus superior greep, flink het oog; met de rechterhand vatte ik den cylinder van het Pravaz spuitje, die met een scherpe dunne canule gewapend was, en drukte de punt der canule eenige millimeters van de corneoscleraalgrens schuin door de cornea in de voorste oogkamer. Nu liet ik het ballonnetje zich uitzetten, totdat de cornea zich rimpelend tegen de punt der canule en tegen de iris aanlegde, waarna ik terugtrok. Het vocht in den cylinder van het spuitje opgezogen, deponeerde ik dan in een glazen buisje met platten bodem (zoodat het staan kon) van nauwkeurig bekend gewicht. Het buisje met vocht werd nu tot in milligrammen nauwkeurig gewogen en het verschil in gewicht tusschen buisje mét en zónder vocht was het gewicht van den humor aqueus.

Quantitatieve bepaling van CILi. Nu was het oogenblik daar, om het gehalte van dit vocht aan chloorlithium te bepalen. Deze bepaling behoefde echter niet terstond te geschieden, want het vocht verminderde niet als het buisje door een goed passende kurk gesloten werd; zelfs na 4 dagen vond ik nog hetzelfde gewicht als bij de eerste weging. Ik verdunde het vocht eerst met zijn eigen volumen water, doordat ik uit een maatpipet, die toeliet 0.02 cM.³ af te meten, de noodige hoeveelheid gedestilleerd water liet toevloeien; daarna mengde ik beide vloeistoffen goed. Eén druppel nu, van het mengsel bracht ik aan het platina spiraaltje in de vlam. Het platina spiraaltje was bevestigd aan een glazen staafje, dat door een standaard in den juisten stand gehouden werd, zoodat het spiraaltje op de goede plaats in de vlam hing; wat ik controleerde met mijn standaardoplossingen.

Door eenige wegingen had ik mij ook overtuigd, dat iedere druppel in het platinaspiraaltje evenveel woog. De aanwezigheid van CILi in de onderzochte vloeistof bleek nu door de Li-streep. Als kort na de instillatie met 2 % chloorlithium de humor aqueus was afgetapt, was het gehalte aan CILi nog tamelijk hoog en zeer veel hoger dan noodig voor de grens der waarneming; dit bleek dan ook door de schitterend roode Li-lijn. Het vocht kan dan veilig een aantal keeren meer verdund worden, totdat de streep zwak wordt, waarna weer telkens kleine hoeveelheden gedestilleerd water moeten worden toegevoegd om de grens te bereiken. Zooals ik vroeger reeds opmerkte, is deze grenswaarde bij eenige oefening gemakkelijk te herkennen, te meer daar men de standaardoplossingen, waarmee de grenswaarden voor verschillende verdunningen der 0,75 % NaCl solutie bepaald zijn, bij de hand heeft ter vergelijking. Zoolang ik werkte met verdunningen van 3, 4, 5, tot 10 maal moest ik na iedere spectroscop-bepaling (waarbij een of twee druppels verloren gingen) telkens opnieuw het gewicht der vloeistof bepalen om daaruit het gewicht van den nog aanwezigen humor aqueus te berekenen, door het gevonden gewicht te deelen door het getal der verdunning.

Als het voorste oogkamervocht méér dan 10 keer verdund was maakte het verlies van één druppel zoo'n gering verschil uit tusschen de hoeveelheid nog aanwezige humor aqueus der voorlaatste en laatste bepaling, dat men veilig nogmaals eenige keeren kon verdunnen. Slechts wanneer ik voor één bepaling meerdere druppels gebruikte, werd het gewicht van den nog aanwezigen humor aqueus voor de opvolgende verdunning weer berekend.

Hoe berekent men nu uit de gevonden verdunning, noodig om de grenswaarde voor de Li-streep te bereiken, het gehalte? Stellen we b.v. dat ik, om deze grens te bereiken, in één mijner bepalingen den humor aqueus 12 maal moest verdunnen, dat wil dus zeggen met 11 van zijn eigen volumina gedestilleerd water moest vermengen. Wanneer we de grafische voorstelling (plaat II) beschouwen, blijkt, dat in een 12 $\times$ verdunde 0,75 % ClNa-solutie de grenswaarde voor het herkennen van het chloorlithium-gehalte ligt bij $\frac{1}{1.100.000}$. In het 12 $\times$ verdunde oogkamervocht (humor aqueus bevat 0,75 % NaCl) is dus het gehalte 1 : 1.100.000. In het onverdunde oogkamervocht was dus 12 $\times$ zóoveel chloorlithium d. w. z. een gehalte van $1 : \frac{1.100.000}{12} = 1 : 91.666$. Op deze wijze werd dus het chloorlithiumgehalte gevonden. Uit het gehalte is nu ook gemakkelijk het percentage te berekenen.

Van 18 paar oogen bepaalde ik verschillende tijden na de uitwassching van den conjunctivaal-zak het chloorlithium-gehalte, met vermijding der mij bekende en reeds beschreven bronnen van fouten. Ze volgen hier, telkens weer de waarnemingen op één paar oogen bij elkaar gevoegd:

Konijn.	Gehalte	=	Percentage.	Tijd verlopen tusschen afwassching en punctie.
I.	1 : 14.000	=	0,007143 %	65 min.
	1 : 29.000	=	0,003448 „	90 „
II.	1 : 3000	=	0,03333 „	1 „
	1 : 53.000	=	0,001886 „	75 „

Konijn.	Gehalte	=	Percentage.	Tijd verlopen tusschen afwassing en punctie.
III.	I : 26.000	=	0,003846 ‰	30 min.
	I : 13.000	=	0,007692 „	I „
IV.	I : 8.800	=	0,01136 „	I „
	I : 31.000	=	0,003226 „	45 „
V.	I : 14.500	=	0,00689 „	30 „
	I : 32.000	=	0,003125 „	75 „
VI.	I : 80.000	=	0,00125 „	I „
	I : 112.000	=	0,0008928 „	60 „
VII.	I : 80.000	=	0,00125 „	2 „
	I : 91.000	=	0,001098 „	30 „
VIII.	I : 21.000	=	0,0047619 „	30 „
	I : 45 000	=	0,002222 „	90 „
IX.	I : 100.000	=	0,001 „	15 „
	I : 122.000	=	0,0008 „	51 „
X.	I : 112.000	=	0,0008928 „	18 „
	I : 350 000	=	0,0002856 „	210 „
XI.	I : 125.000	=	0,0008 „	60 „
	I : 160.000	=	0,000625 „	122 „
XII.	I : 64.000	=	0,0015625 „	15 „
	I : 91.000	=	0,001098 „	50 „
XIII.	I : 112.000	=	0,0008928 „	60 „
	I : 160.000	=	0,000625 „	120 „
XIV.	I : 91.000	=	0,001098 „	60 „
	I : 112.000	=	0,0008928 „	120 „

Konijn.	Gehalte	=	Percentage.	Tijd verlopen tusschen afwassing en punctie
XV.	1 : 80.000	=	0,00125 %	60 min.
	1 : 136.000	=	0,0007353 "	187 "
XVI.	1 : 80.000	=	0,00125 "	60 "
	1 : 125.000	=	0,0008 "	184 "
XVII.	1 : 50.000	=	0,002 "	60 "
	1 : 91.000	=	0,001098 "	180 "
XVIII.	1 : 80.500	=	0,001242 "	60 "
	1 : 136.000	=	0,0007353 "	180 "
XIX.	1 : 80.000	=	0,00125 "	15 "
	1 : 91.000	=	0,001098 "	75 "

Grafische voorstelling. Op analoge wijze als de cijfers op pag. 32 heb ik ook deze uitkomsten grafisch voorgesteld: (zie plaat III). Op de as der ordinaten heb ik de gehalten afgezet. Op de abscis-as de tijden, verlopen tusschen wassing en punctie. De oogen van éénzelfde dier, heb ik weer ter verduidelijking door een rechte lijn verbonden. Deze rechte lijn is dus niet de juiste uitdrukking der daling van het CILi-gehalte, hoewel de *helling* dier lijnen toch natuurlijk wel eenig inzicht geeft in de snelheid dier daling.

Onderstellingen noodig voor de berekening. Als we nu deze cijfers willen gebruiken om daaruit den tijd te berekenen, waarin het voorste oogkamervocht ververscht wordt, moeten we ons vooraf een bepaalde voorstelling vormen, van de wijze waarop de verversching plaats vindt. De eenvoudigste voorstelling is wel de volgende:

We veronderstellen, dat in het volkomen normale oog, de vochtstroom een *geregelde, steeds voortdurende* is, zoodat in gelijke tijden gelijke hoeveelheden vocht ververscht worden. Verder zullen we bij onze berekening de diffusie van chloor-

lithium uit den humor aqueus in het traanvocht door de cornea, en in het bloedvocht der omgevende weefsels, buiten beschouwing laten. Ik meen dit te kunnen doen, omdat door diffusie slechts zulke uiterst geringe quantiteiten in betrekkelijk langen tijd verloren gaan. Het hoogste chloorlithium gehalte van den humor aqueus, na de instillatie gedurende 45 minuten van 2⁰/₀ chloorlithium in den conjunctivaal-zak, werd door mij gevonden $\frac{1}{3000}$. Dit gehalte is het zestigste deel van het gehalte van het ingedruppelde vocht, wat een gehalte van $\frac{1}{50}$ (2⁰/₀) had.

Nemen we nu aan, dat na de uitwassching van den conjunctivaal-zak, voor de diffusie in omgekeerde richting, de zelfde tijd noodig ware, dan zou na 45 minuten het gehalte in den humor aqueus met $\frac{1}{60}$ verminderd moeten zijn. Na 45 minuten zou er dan, in plaats van $\frac{1}{3000}$ een gehalte van $\frac{60}{180 \cdot 000}$ — $\frac{1}{180 \cdot 000} = \frac{50}{180 \cdot 000} = \frac{1}{3 \cdot 040}$ moeten aanwezig zijn. Hieruit blijkt reeds, dat de hoeveelheid chloorlithium in den humor aqueus gedurende 45 minuten *niet* noemenswaard vermindert. Bij deze berekening is dan nog geheel buiten beschouwing gelaten het feit, dat bij zulke slappe concentraties de diffusie nog langzamer is, daar de diffusiewetten toch leeren, dat de diffusie-snelheid afhankelijk is van het concentratie-verskil.¹⁾

Berekening. Stellen we :

1. Het volumen voorste oogkamer a (dit volumen is in alle proeven bekend).

2. Den onbekenden tijd van verversching, den tijd waarin het volumen a dus toevloet, $= x$.

3. o min na afwassching is het percentage in den h.a. q ⁰/₀

p_1 " " " " " " " " h.a. q_1 ⁰/₀

p_2 " " " " " " " " h.a. q_2 ⁰/₀

Dan kunnen we op de volgende wijze een formule voor x opstellen :

In het begin, o min na de uitwassching van den conjunctivaalzak, is er in den humor aqueus aanwezig $\frac{q}{100} \times a$ CILi

1) V. GRAEFE-SAEMISCH: Handbuch 1903 II2.

LEBER: Die Circulations und Ernährungsverhältnisse des Auges, blz. 382.

Na een tijd Δt vloeit toe:

$$\frac{\Delta t}{x} a \text{ humor aqueus}$$

er is dus $\frac{q}{100} \times a$ Cl Li op een volumen

$$a + \frac{\Delta t}{x} a, \text{ na een tijd } \Delta t.$$

Op volumen a is dus $\frac{a}{a + \frac{\Delta t}{x} \times a} \cdot \frac{q}{100} a$ Cl Li na tijd Δt .

Vermindering van de totale hoeveelheid Cl Li in den tijd $\Delta t =$

$$\frac{q}{100} a \left\{ 1 - \frac{\frac{\Delta t}{x} a}{a + \frac{\Delta t}{x} a} \right\} = \frac{q}{100} a \cdot \frac{a + \frac{\Delta t}{x} a - a}{a + \frac{\Delta t}{x} a} = \frac{q}{100} a \times \frac{\frac{\Delta t}{x} a}{a}$$

, $(\frac{\Delta t}{x} a, \text{ in den noemer, valt weg als oneindig klein}).$

De vermindering der hoeveelheid Cl Li in den oneindig kleinen tijd Δt is dus: $\frac{q}{100} a \cdot \frac{\Delta t}{x}$

De aanwezige hoeveelheid Cl Li na Δt is dan:

$$\frac{q}{100} a - \frac{q}{100} a \frac{\Delta t}{x} = \frac{q}{100} a \left(1 - \frac{\Delta t}{x} \right)$$

De aanwezige hoeveelheid Cl Li na een tweede tijdvak Δt is dan: $\frac{q}{100} a \left(1 - \frac{\Delta t}{x} \right)^2$

De aanwezige hoeveelheid Cl Li na $n \times \Delta t$ is dus:

$$\frac{q}{100} a \left(1 - \frac{\Delta t}{x} \right)^n$$

Neem nu n zóó: dat $n \Delta t = p$ dan is de aanwezige hoeveelheid Cl Li na een tijd $p =$

$$\lim. \frac{q}{100} a \left(1 - \frac{\Delta t}{x} \right)^{\frac{p}{\Delta t}} \text{ voor } \lim. \Delta t = 0$$

$\lim. \left(1 \times d \right)^{\frac{1}{d}} = e$ stellen we voor $d = - \frac{\Delta t}{x}$ dan is:

$$\lim. \left(1 - \frac{\Delta t}{x} \right)^{-\frac{x}{\Delta t}} = e$$

$$\text{en } \lim. \left\{ \left(1 - \frac{\Delta t}{x} \right)^{-\frac{x}{\Delta t}} \right\}^{-\frac{p}{x}} = e^{-\frac{p}{x}}$$

De aanwezige hoeveelheid ClLi na tijd p is dus $\frac{q}{100} a \cdot e^{-\frac{p}{x}}$

(Verificatie: bij toeneming van p wordt $\frac{q}{100} a$ vermenigvuldigd met hoe langer hoe kleiner breuk en nadert dus de grens 0).

Het percentage na tijd p is dus $q \cdot e^{-\frac{p}{x}} \%$.

Resumé:

0 min, na afwassching $q \%$ ClLi in vol. a

$p \cdot$ „ „ „ $q \cdot e^{-\frac{p}{x}} \%$ ClLi „ „ a

waarin dus x de tijd is, dat een volumen a vocht in de voorste oogkamer toevloeit.

Na tijd p_1 vindt men: $q_1 \%$ = $q \times e^{-\frac{p_1}{x}} \%$

„ „ p_2 „ „ $q_2 \%$ = $q \times e^{-\frac{p_2}{x}} \%$

In deze beide vergelijkingen zijn onbekend q en x ; deelvende vindt men:

$$\frac{q_1}{q_2} = e^{\frac{p_2 - p_1}{x}}$$

x oplossend:

$$\log. q_1 - \log. q_2 = \frac{p_2 - p_1}{x} \times \log. e$$

$$x = \frac{(p_2 - p_1) \log. e}{\log. q_1 - \log. q_2}$$

In deze vergelijking zijn p_1 en p_2 de tijden, verlopen tusschen uitwassching van den conjunctivaal-zak en de punctie. q_1 en q_2 zijn de percentages Cl Li respectievelijk bij die tijden behoorend.

Voor konijn I vinden we dan, voor den tijd waarin het voorste oogkamervocht ververscht wordt, substitueerend in de formule voor:

$$p_1 = 65. \quad q_1 = 0,007143 \frac{\circ}{\circ}$$

$$p_2 = 90. \quad q_2 = 0,003446 \frac{\circ}{\circ}$$

$$x = \frac{90 - 65 \times 0,43429}{0,85388 - 3 - 0,53757 + 3} = \frac{10,85725}{0,13631} = 34 \text{ minuten.}$$

Evenzoo voor:

Konijn	II:	26 minuten.	Konijn	XI:	251 minuten.
"	III:	41 "	"	XII:	99 "
"	IV:	35 "	"	XIII:	168 "
"	V:	56 "	"	XIV:	290 "
"	VI:	175 "	"	XV:	239 "
"	VII:	216 "	"	XVI:	277 "
"	VIII:	78 "	"	XVII:	200 "
"	IX:	161 "	"	XVIII:	229 "
"	X:	168 "	"	XIX:	462 "

Bespreking der uitkomsten. De door mij gevonden waarden voor den tijd, waarin het voorste oogkamervocht ververscht wordt, blijken zeer uiteen te loopen.

Verschillende factoren hebben hier waarschijnlijk samengewerkt om deze groote verschillen te doen ontstaan:

1^o. Allereerst zal de individualiteit der verschillende dieren een groote rol spelen. 't Is toch zeer waarschijnlijk, dat leef-tijd en geslacht, voedingstoestand en misschien nog andere niet nader te bepalen momenten een invloed hebben op de snelheid van den vochtstroom. De veronderstelling bijv. dat bij

jeugdige dieren de vochtstroom levendiger is dan bij oude, schijnt mij alleszins gewettigd. De groote verschillen thans door mij gevonden, zouden dan bij een zeer groot aantal waarnemingen verdwijnen, want, al blijven de uitersten bestaan, hoogstwaarschijnlijk zou een geleidelijke opklimming tusschen den minimalen en maximalen tijd gevonden worden.

2^o. Verder is het mogelijk en zooals ook uit de beschouwing der grafische voorstelling zal blijken, zelfs waarschijnlijk, dat ook het gehalte aan chloorlithium van den humor aqueus van invloed is op den duur der vochtverversching. Pag. 21 wees ik er reeds op dat verontreiniging van het voorste oogkamer-vocht van invloed zou zijn op de snelheid van den vochtstroom.

De verontreiniging met chloorlithium is nu wel zeer gering, maar bestaat toch, en het is voldoende bekend, welke uiterst geringe hoeveelheden van een chemisch agens noodig zijn om die reactie van levend protoplasma, welke men chemotaxis noemt, op te wekken. Het zou dus niet te verwonderen zijn, dat de geringe hoeveelheden chloorlithium een, laten wij het noemen „chemotactischen” invloed uitoefenden op de wijde der bloedvaten der processus ciliares en op de werkzaamheid van het epitheel daarvan, waardoor de vochtstroom versneld werd.

Is deze veronderstelling gewettigd, zoo moet in de gevonden tijden een aanduiding van dezen invloed zijn te vinden. Bij hoog begingehalte aan ClLi in de voorste oogkamer, moet de vochtstroom sneller zijn dan bij laag begingehalte. Nu blijkt uit mijn proefnemingen, dat voor de sterke beginconcentratiën deze verhouding, tusschen den duur van de verversching en de beginconcentratie, bestaat.

Beginconcentratie :	Ververschingstijd :
I : 3.000	26 minuten.
I : 8.800	35 „
I : 13.000	41 „
I : 14.000	34 „
I : 14.500	56 „
I : 21.000	78 „

Ook uit de beschouwing der grafische voorstelling plaat III blijkt

dit al, daar de helling der lijnen eenigszins een idee geeft van de snelheid van den vochtstroom. De grootste hellingen d. w. z. de kortste tijden van verversching, behooren bij de grootste begin-concentraties, zooals men met één oogopslag ziet.

Voor de zwakke concentratiën, waarbij ik een langzame verversching vond, geldt niet meer de regel, dat bij hoogere beginconcentratie een kortere ververschingstijd behoort; doch de verschillen in ververschingstijden laten zich hier ongedwongen verklaren wanneer men als oorzaak daarvan aanneemt de sub 1^o. genoemde momenten. Het is toch heel wel mogelijk, dat bij de zeer geringe concentratiën het in den humor aqueus aanwezige CILI niet meer als prikkel werkt tot versnelling van den vochtstroom.

Uit deze beschouwingen volgt, dat de tijden gevonden bij de zwakke beginconcentratiën, de meest vertrouwbare zijn met betrekking tot den toestand in het *normale* oog, waar evenmin een prikkel aanwezig is, die den vochtstroom versnelt. Om inzicht te krijgen in de normale snelheid van den vochtstroom hebben dus alleen diè proeven waarde, waarbij de geringe concentratie-graden het waarschijnlijk maakt, dat deze niet of bijna niet als prikkel werkte op de snelheid van den vochtstroom.

Conclusie. Uit mijn helaas gering aantal proeven zou dus blijken, *dat de vochtstroom over 't algemeen in het normale oog een zeer langzame is*: als gemiddelde vond ik 225 min. dus bijna 4 uur.

Deze uitkomst bevestigt dus de theoretische overweging, dat in het normale oog volstrekt geen reden bestaat voor een snellen vochtstroom.

Verklaring der platen.

Plaat I. Voorstelling van het chloorlithiumgehalte van den humor aqueus, nadat de bindvlieszak gedurende een bepaald aantal minuten (op de abscis af te lezen) met 2 pCt. chloorlithium-solutie gevuld was geweest.

Op de as der abscissen staan de minuten: 1 minuut = 1 mM.

Op de as der ordinaten staan de gehalten, afgeleid van het gehalte $1 : 100.000 = 40$ mM.

De eindpunten der dikke lijnen stellen het chloorlithium-gehalte voor in den humor aqueus der beide oogen van één dier.

Zie verder den tekst blz. 32 e. v.

Plaat II. Voorstelling der grensgehalten, waarbij de Li lijn nog juist herkend wordt, in mengsels van één volumen 0.75 % keukenzout-solutie en een bepaald aantal volumina gedestilleerd water.

Op de abscis-as staan de verdunningen: $2 \times$ verdunde keukenzout-solutie (= 1 volumen 0.75 pCt. keukenzout-oplossing en 1 volumen gedestilleerd water) = 10 mM.

Op de ordinaat-as staan de gehalten, afgeleid van het gehalte $1 : 300.000 = 120$ mM.

Zie verder den tekst blz. 35.

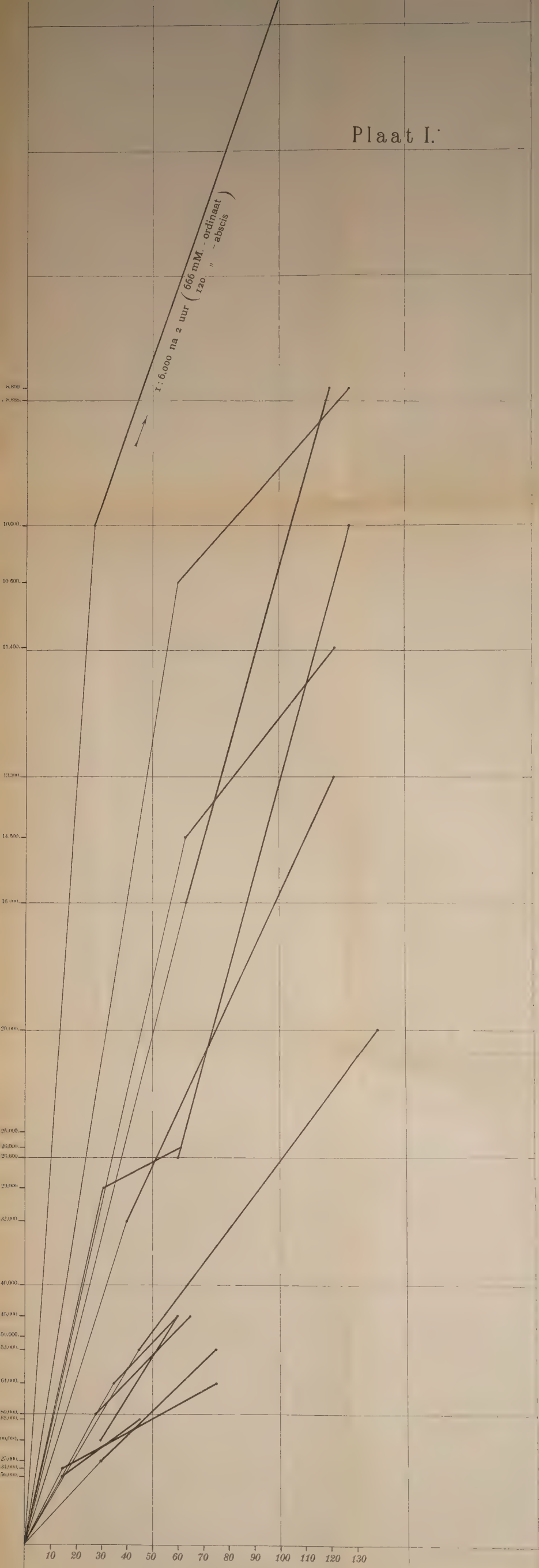
Plaat III. Voorstelling van het gehalte aan chloorlithium nog aanwezig in den humor aqueus, verkregen door punctie der cornea, een bepaald aantal minuten (op de abscis af te lezen) na de uitwassching van den bindvlieszak. Vóór deze uitwassching was de conjunctivaal-zak gedurende 45 min. gevuld met een 2 % chloorlithium oplossing.

Op de as der abscissen staan de minuten: 1 minuut = 1 mM.

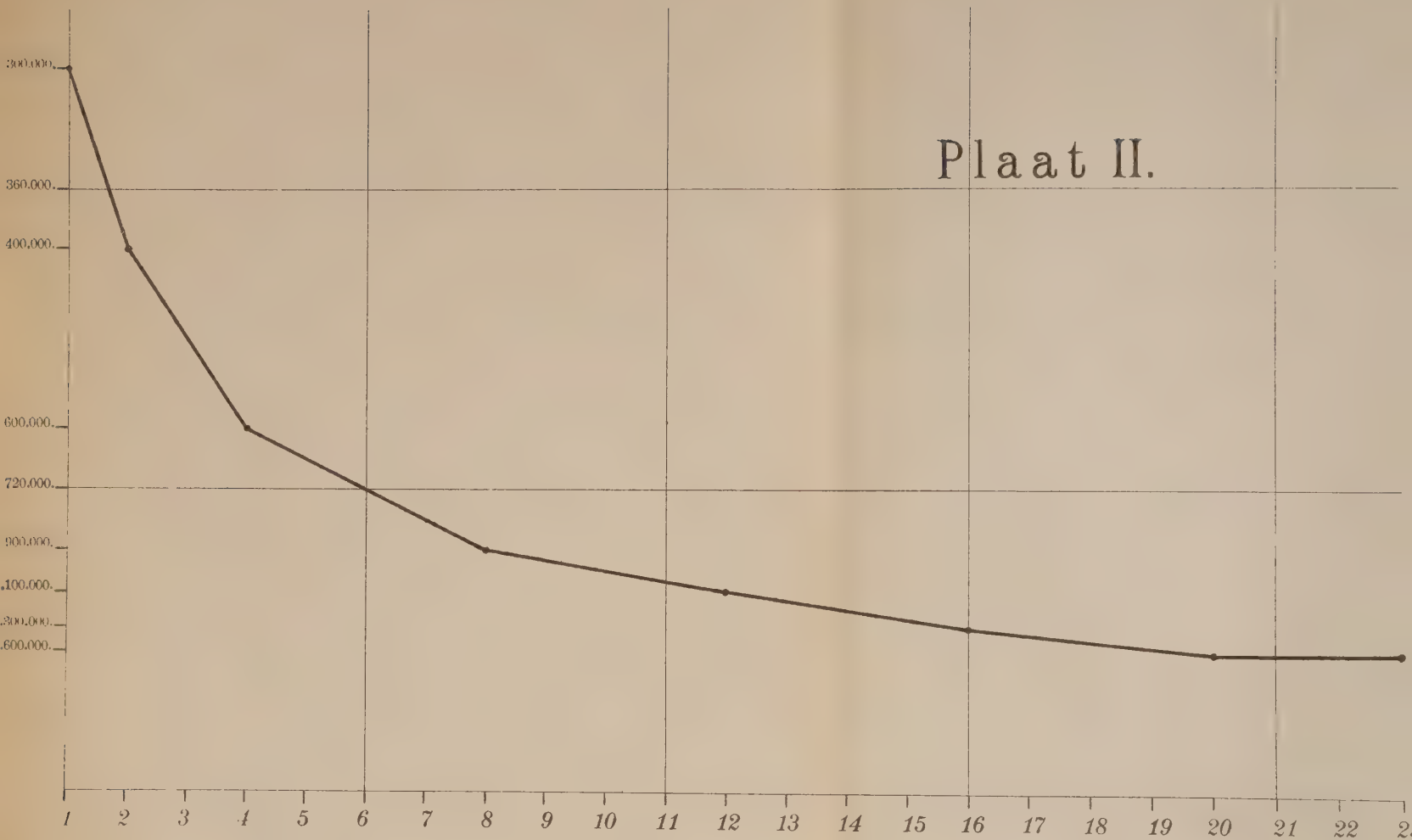
Op de as der ordinaten staan de gehalten, afgeleid van het gehalte $1 : 100.000 = 50$ mM.

Zie verder den tekst blz. 41.

Plaat I.



Plaat II.



Plaat III.





Amst. Stoondr. R. LOR, Nic. Berchemstr. 1.

